

Iiro Sorvali

KAUKOLÄMPÖVERKOSTON KUNTOSELVITYS JA SANEERAUSSUUNNITELMA

Opinnäytetyö
Talotekniikka

2018



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Tekijä/Tekijät	Tutkinto	Aika
Iiro Sorvali	Talotekniikka (AMK)	Kevät 2018
Opinnäytetyön nimi Kaukolämpöverkoston kuntoselvitys ja saneeraussuunnitelma		52 sivua 8 liitesivua
Toimeksiantaja Imatran Lämpö Oy		
Ohjaaja Jarmo Tuunanen		
Tiivistelmä <p>Kaukolämpöverkostojen ikääntyessä tulee niiden saneeraus ajankohtaiseksi. Kaukolämpöverkostojen suunnitelmallista perusparantamista ei ole suomalaisissa kaukolämpöyrityksissä juurikaan tehty. Suunnitelmallisella verkostojen saneeraamisella pystytään ylläpitämään kaukolämmityksen toimintavarmuus, ja saneerauksen yhteydessä verkoston lämpöhäviöt vähenevät.</p> <p>Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää Imatran Lämpö Oy:n suurimman kaukolämpöverkoston kuntotaso ja siten määritellä tulevaisuudessa mahdollisesti vikaantuvat verkoston kanavaosuudet, jotka tulisi saneerata. Tutkimuksen yhteydessä selvitettiin verkosto-osuuksien nykyisiä lämpöhäviöitä, joita verrattiin nykyaikaisen kaukolämpökanavan lämpöhäviöihin ja lämmöneristyksen parantumisen kautta saataviin säästöihin.</p> <p>Kaukolämpöverkoston tämänhetkinen tilanne selvitettiin tutkimalla Imatran Lämpö Oy:n arkistoitua tietoa aikaisemmista kaukolämpöverkostovuodoista sekä haastattelemalla työntekijöitä. Aiemmin saneeratut verkosto-osuudet selvitettiin myös arkistoitua tietoa sekä työntekijöiden haastatteluja hyväksikäyttäen. Työn lopputuloksen on tarkoitus muodostaa selkeä kuva verkoston huonoimmassa kunnossa olevista kaukolämpökanavista sekä taulukko, jossa on saneerauksen tarpeessa olevat kanavat tärkeysjärjestyksessä. Taulukon perusteella saneerattavat verkosto-osuudet on helpompi jakaa tuleville vuosille yrityksen resurssien mukaan.</p> <p>Opinnäytetyön pohjalta kaukolämpöverkostoa aletaan saneerata vuosittain, jotta kaukolämpöverkoston yleinen kuntotaso ja kaukolämmityksen imago toimintavarmana lämmitysmuotona saadaan ylläpidettyä. Ennakkoon tiedossa olevien saneerauskohteiden pohjalta yrityksen on helpompi tulevaisuudessa budjetoida saneeraukseen vuosittain käytettävää rahamäärää.</p>		
Asiasanat kaukolämmitys, saneeraus, perusparannus, lämpöhäviö		

Author (authors)	Degree	Time
Iiro Sorvali	Building services Engineering	April 2018
Thesis title		52 pages 8 pages of appendices
District heating network condition clarification and renovation plan		
Commissioned by		
Imatran Lämpö Oy		
Supervisor		
Jarmo Tuunanen		
Abstract		
<p>District heating networks are aging and their organized renovating is getting timely. In Finland energy companies haven't done this much yet, but it is getting more common, because condition of district heating networks are getting worse. Renovating network before it is broken keeps it working all the time and keeps district heating's reputation going on as a reliable heating method.</p> <p>This research explored current condition of district heating network in Imatra. Renovating plans for following years were made with these research results. Also improved heat insulations were compared with old parts of the district heating network. The current condition of network is based on a data from the company archives, interviews of the company's workers and the age and type of the networks parts.</p> <p>The parts in worst condition of the network were found and their renovating is prioritized by the risk of leaking and number of consumers within the influence area of leak repair. The research gives list of worst parts in the network that should be renovated. This research helps energy company to plan and budget their renovating projects in the future.</p>		
Keywords		
district heating, renovation, heatloss		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	KAUKOLÄMMITYS.....	8
2.1	Imatran Lämpö Oy	8
2.2	Kaukolämmitys yleisesti.....	8
2.3	Kaukolämmöntuotanto Imatralla	9
2.3.1	Bio-lämpökeskukset.....	9
2.3.2	Maakaasulaitokset	9
3	KAUKOLÄMPÖVEDEN KÄSITTELY	9
3.1	Korroosio ja kerrostumat.....	9
3.1.1	Happikorroosio.....	10
3.1.2	Veden pH:n vaikutus.....	10
3.1.3	Liuenneet suolat	10
3.1.4	Eroosiokorroosio.....	11
3.1.5	Ammoniakkikorroosio.....	11
3.1.6	Galvaaninen korroosio	11
3.1.7	Jännityskorroosio	11
3.2	Veden käsittely	12
4	KAUKOLÄMPÖJOHDOT	13
4.1	Toiminta	13
4.2	Betonielementtikanava	13
4.3	Muovisuojakuorijohto liikkuvien teräsputkien, Mpul	15
4.4	Kiinnivaahdotetut putkielementit	16
4.4.1	Mpuk-kanavarakenne	17
4.4.2	2Mpuk-kanavarakenne	17
4.5	Muut kaukolämpöputkityypit	18
4.5.1	Joustavat metalliputkijärjestelmät	18
4.5.2	Joustavat muoviputkijärjestelmät	19

5	IMATRAN KAUKOLÄMPÖVERKOSTOT	19
5.1	Pääverkosto.....	19
5.2	Rajapatsas-Kanavakatu-verkosto	19
5.3	Immolan verkosto	20
6	IMATRAN PÄÄVERKOSTON KUNTOTASON SELVITYS	20
6.1	Oletettavissa olevat ongelmakohdat	20
6.2	Aikaisemmat saneerauskohteet.....	21
6.3	Aikaisemmat kaukolämpöverkostovuodot.....	22
6.4	Kaivokierrokset ja verkoston kunnon tarkastelu.....	23
6.5	Huonokuntoiset kaukolämpöventtiilit.....	25
6.6	Lämpökamerakuvat	26
6.7	Saneeraustarpeessa olevien linjojen määrittely.....	28
7	SANEERAUSSUUNNITELMAN LAATIMINEN	28
7.1	Riskikartoitus kanavaosuuksille	28
7.1.1	Lämmötoimituskatkoksen pituus	28
7.1.2	Lämmötoimituskatkoksesta aiheutuvat rahalliset menetykset.....	29
7.2	Saneeraamisen perustelu	29
7.2.1	Verkostolämpöhäviöiden väheneminen	30
7.2.2	Ennakoinnilla saavutettavat säästöt.....	36
7.3	Resurssit.....	37
7.3.1	Kilpailutus	37
7.3.2	Sisäiset resurssit.....	38
7.3.3	Ulkoiset resurssit	38
7.4	Saneerausjärjestys	39
7.5	Saneerausjärjestyksen perustelu.....	40
7.5.1	Keskustan saneeraus	40
7.5.2	Vuoksenniskantie-Peltolankatu.....	41
7.5.3	Heikinkatu-Tainionkoskentie-risteys	41
7.5.4	Koulukatu.....	41

7.5.5	Koulukatu-Viipurintie	42
7.5.6	Havurinne-Koulukeskus	42
7.5.7	Sienimäenkatu-Liekokatu.....	42
7.5.8	Leppärinne.....	42
7.5.9	Tainionkoskentie-Uimahalli	43
7.5.10	Tainionkoskentie-Joutsenonkatu	43
7.5.11	Pasinkuja	43
7.5.12	Sumukuja-Utukuja	43
7.5.13	Peltolankadun talohaara	43
7.5.14	Ikävalonkuja.....	44
7.5.15	Tuulikallionkatu	44
7.5.16	Lukiolaisenpolku-Tietäjänkatu.....	44
8	SANEERAUS	44
8.1	Budjetointi.....	44
8.2	Kanavaosuuksien saneerauskustannusten määrittely	45
9	JOHTOPÄÄTÖKSET	48
	LÄHTEET.....	50
	KUVALUETTELO	51

1 JOHDANTO

Kaukolämpöverkostojen ikääntyessä ovat niiden perusparannushankkeet ja perusparannushakkeiden tarveselvitykset yleistyneet lämpöyhtiöissä. Kaukolämpöverkoston hyvän kuntotason ylläpitäminen on varman lämmöntoimituksen perusedellytys. Kaukolämmön toimintavarmuus toimii yhtenä tärkeimpänä mainoksena lämpöyhtiöille eri lämmitysmuotojen välisen kilpailun kiristyessä. Verkostovaurioiden ennakointi ja ennaltaehkäisy takaa turvallisen ja kustannustehokkaan kaukolämpöverkon ylläpidon.

Opinnäytetyössä selvitetään Imatran Lämpö Oy:n suurimman kaukolämpöverkon yleinen kuntotaso, jonka pohjalta laaditaan saneerausjärjestys huonokuntoisille verkoston osille. Verkostosta löytyy vuotokohtia muutaman kerran vuodessa ja vuotojen korjaus harvoin tapahtuu normaalina työaikana, joka taas aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia, jotka eivät ole ennalta arvattavissa.

Imatran Lämpö Oy:n kaukolämpöverkosto koostuu kolmesta erillisestä verkostosta, pääverkostosta, Rajapatsaan verkostosta ja Immolan verkostosta. Pääverkosto on noin 82 kanavakilometriä pitkä ja verkoston jakaa Imatran läpi virtaava Vuoksi-joki. Immolan verkosto palvelee muutamaa kerrostaloa sekä varuskunta-aluetta. Rajapatsaan verkosto on oma pienempi verkko, joka toimii Imatralla rajapatsaan kaupunginosassa. Kaukolämpö tuotetaan pääasiassa hakelämpökeskuksissa, joiden tukena on maakaasukäyttöiset huippu- ja varalämpökeskukset. Imatran kaukolämpöverkostoa on alettu rakentamaan 1960-luvulta alkaen Mansikkalasta, jonka jälkeen se on laajentunut kattamaan koko kaupungin. Kaukolämpöverkoston merkittävimmät uudistukset verkostoon on tehty vuonna 2015, jolloin Vuoksen etelä- ja pohjoispuolen kaukolämpöverkostot yhdistettiin toisiinsa uudella DN400-siirtojohdolla, samalla tuotannossa siirryttiin maakaasusta biopolttoaineisiin. Kaukolämpöverkostoon ei ole tehty järjestelmällistä saneerausta, vaan tiedossa olevat huonokuntoiset kohdat on korjattu vuotojen ilmetessä.

Työssä pyritään selvittämään pääverkoston kunto kaivokierrosten avulla, tutkimalla Imatran Lämpö Oy:n arkistoa, haastatteleamalla Imatran Lämpö Oy:n työntekijöitä sekä perehtymällä Energia teollisuus ry:n vaurioutilastoihin. Tämän perusteella kartoitetaan riskialttiimmat lämpöjohto-osuudet. Näistä johdoista

puntaroidaan, missä johdossa lämmöntoimituskatkos aiheuttaisi suurimman vaikutusalueen ja vahingon, tämän perusteella laaditaan Energiateollisuus ry:n ohjeistuksen mukaisesti saneeraussuunnitelmaan järjestys, missä kana-vaosuuksia voitaisiin saneerata.

2 KAUKOLÄMMITYS

2.1 Imatran Lämpö Oy

Imatran Lämpö Oy tuottaa ja myy kaukolämpöä Imatran alueella. Tämän lisäksi Imatran Lämpö Oy hallinnoi kaukolämpö- ja maakaasuverkostoa sekä myy maakaasua kuluttajille. Imatran Lämpö Oy on Imatran Kaupungin omistama osakeyhtiö, joka on perustettu vuonna 2014. Kaupungin alaisuudessa toiminut lämpölaitos on aloittanut toimintansa 60-luvun lopulla. Imatran Lämpö Oy:llä on noin 680 kaukolämpöasiakasta ja 265 maakaasuasiakasta. Imatran Lämpö Oy:n vuoden 2016 liikevaihto oli noin 12,5 miljoonaa euroa ja liikevoiton osuus noin miljoona euroa. Imatran Lämpö Oy työllistää vakituisesti 10 henkilöä. /1, s.28./

2.2 Kaukolämmitys yleisesti

Suomalaisen kaukolämmityksen voidaan katsoa alkaneeksi vuonna 1940 Helsingin Olympiakylästä. Ensimmäinen vesikaukolämmitys aloitettiin Helsingissä vuonna 1957. Kaukolämmitys levisi ympäri Suomea 1960-luvulla, mutta yleistyi vasta 1970-luvun energiakriisin seurauksena. /2, s.34./

Kaukolämmitys on rakennusten lämpöenergian keskitettyä tuottamista. Kaukolämmitys on Suomessa yleisin lämmitysmuoto. Valtakunnallisesti kaukolämmön osuus lämmitysenergian kulutuksesta on noin 50 prosenttia ja suurimmissa kaupungeissa 80...90 prosenttia. /2, s.5./ Kaukolämpöenergian siirtoaineena toimii vesi, jota kierrätetään kaukolämpöverkostoa pitkin kiinteistöjen lämmönjakokeskuksiin.

2.3 Kaukolämmöntuotanto Imatralla

2.3.1 Bio-lämpökeskukset

Perustuotanto kaikkiin Imatran Lämpö Oy:n kaukolämpöverkostoihin tuotetaan Bio-lämpölaitoksilla, joita on yhteensä kolme. Imatran Lämpö Oy:llä ei ole yhtään sähkön ja kaukolämmön yhteistuotantolaitosta. Pääverkoston peruskuorma tuotetaan Virasojan Bio-lämpökeskuksella, jossa kaksi pyörivin arinoin varustettua kattilaa yhdessä savukaasupesureiden kanssa tuottavat 34 MW:n tehon. Rajapatsas–Kanavakadun verkostossa peruskuorma tehdään 4 MW yhdellä viistoarinaisella kattilalla varustetussa laitoksessa ja Immolan verkoston kaukolämpöenergia tuotetaan 1,5 MW-tehoisella viistoarinaisella bio-lämpökeskuksella.

2.3.2 Maakaasulaitokset

Kaukolämpöverkoston peruskuorman tuotannon siirtyessä bio-lämpölaitoksille jäivät maakaasulaitokset vara- ja huippukäyttöön. Vara- ja huippulämpökeskuksista useimmiten käytössä ovat Honkaharjun 16 MW, Imatrankosken 14 MW ja Ottelukadun 8 MW:n maakaasulaitokset. Maakaasulaitosten käyttö ajoittuu huippukuormien ajalle, eli talven kylmimmille ajanjaksoille, jolloin Virasojan Bio-lämpökeskuksen teho ei yksin riitä kattamaan verkoston tehontarvetta. Biolämpökeskuksen maksimitehoraja saavutetaan ulkolämpötilan ollessa noin -10 °C, jonka jälkeen osa verkostokuormasta tuotetaan maakaasulämpökeskuksissa. Maakaasulämpökeskuksia käytetään myös häiriötilanteen sattuessa Bio-lämpökeskukseen. Päivystäjän on helppo käynnistää etäisesti maakaasulämpökeskus esimerkiksi Bio-lämpökeskuksen valvomosta häiriötilanteessa. Tästä syystä verkostolämpötiloissa tapahtuva aleneminen jää niin vähäiseksi ja lyhytaikaiseksi, ettei siitä aiheudu kuluttajalle harmia.

3 KAUKOLÄMPÖVEDEN KÄSITTELY

3.1 Korroosio ja kerrostumat

Kaukolämpöverkoston sisäinen korroosio aiheutuu yleensä kaukolämpöverkoston veteen liuenneet kaasut, kuten happi ja hiilidioksidi. Korroosiota voi aiheuttaa myös kaukolämpöveden väärä pH, veteen liuenneet suolat ja saostumia muodostavat yhdisteet. Rakennusaikana kaukolämpöputkiin joutunut

lika kuten hiekka, asennusjätteet sekä putkien epäasiallisesta säilytyksestä putkien sisälle muodostunut ruoste voivat aiheuttaa korroosiota verkostossa.

/8,s.5./

3.1.1 Happikorroosio

Happikorroosiota tapahtuu teräkseen veden ja hapen yhteisvaikutuksesta.

Happikorroosio on tavallisesti teräväreunaista kuoppakorroosiota, joka tuhoaa teräksen nopeasti. Happikorroosion nopeutta edistää lämpötilan nousu ja veden suolapitoisuus. Happikorroosiossa rauta, vesi ja happi muodostavat rautahydroksidia. /8,s.3./

3.1.2 Veden pH:n vaikutus

Veden liian alhaisesta ja liian korkeasta pH-arvosta aiheutuu sekä teräksen että kuparimetallien korroosiota. Teräs syöpyy vetyä kehittäen alhaisen pH-arvon eli happamuuden vaikutuksesta. Vetyä kehittävä korroosio on nopeampaa korkeammassa lämpötilassa ja vetyä kehittävä korroosio kiihtyy pH:n las-
kiessa. Liian korkea pH-arvo edistää teräksen jännityskorroosiota. pH-alueella 9...10 näitä korroosimuotoja ei käytännöllisesti katsoen esiinny. /8,s.4./

3.1.3 Liuenneet suolat

Liukoiset suolat edistävät korroosiota ja suolapitoisuuden noustessa korroosio kiihtyy. Jotkin ionit voivat päästä metallin pinnalla olevan suojakalvon läpi ja aktivoida korroosio reaktion. Kloridi-ionit aiheuttavat ruostumattomanteräksen jännityskorroosion ja edistävät eräiden vetolujienteräksien korroosiota. /8,s.4./
Suoloilla on tietty liukoisuusraja veteen, tämä raja ylittyä, suolat alkavat saostumaan kiinteiksi kertymiksi. Yleensä liukoisuus paranee lämpötilan noustessa, mutta kalsiumsulfaatilla lämpötilan nousu johtaa liukoisuuden pienenemiseen ja saostumiseen. /8,s.4./ Tällaiset saostumakertymät huonontavat lämmönsiirtokykyä esimerkiksi kattilaputkissa ja lämmönsiirtimissä. Saostumat voivat myös johtaa kuluttajien lämmönsiirtimien tukkeutumiseen tai lämmönsiirtimeen tehon heikkenemiseen.

3.1.4 Eroosiokorroosio

Eroosiokorroosio aiheutuu eroosion ja korroosion yhteisvaikutuksesta ja sitä esiintyy etupäässä kuparilla ja kuparimetalleilla. Korroosion edellytyksenä on hapen esiintyminen vedessä. Hapen vaikutuksesta kuparin pinnalle muodostuu kuparioksidia. Nopeasti virtaava vesi aiheuttaa kuparioksidin eroosion paljasten puhtaan kuparipinnan. Tälle puhtaalle pinnalle muodostuu hapen vaikutuksesta uusi kuparioksidikerros, jonka eroosio jälleen kuluttaa pois. Täten jatkuvat vuorotellen oksidin muodostuminen ja eroosio, kunnes materiaali on tuhoutunut. Korroosionopeus kasvaa pH-arvon laskiessa ja sitä edistävät veden kiinteät hiukkaset ja kaasukuplat. /8, s.5./

3.1.5 Ammoniakkikorroosio

Mekanismiltaan ammoniakkikorroosio on samantapainen kuin eroosiokorroosio ja sitä esiintyy kuparilla ja kuparimetalleilla. Ammoniakkikorroosion edellytyksenä on hapen ja ammoniakin samanaikainen läsnäolo. Ammoniakki liuottaa hapen vaikutuksesta metallipinnalle muodostuneen kuparioksidin. Puhtaalle kuparipinnalle muodostuu uutta kuparioksidia, jonka ammoniakki jälleen liuottaa. Täten korroosio jatkuu hapen ja ammoniakin vaikutuksesta. /8, s.5./

3.1.6 Galvaaninen korroosio

Metallit ovat erilaisia sähkökemiallisilta ominaisuuksiltaan, joten on mahdollista että kahden eri metallin liitoskohdassa muodostuu sähköpari. Sähköparin vuoksi toinen metalleista syöpyy enemmän kuin se syöpyisi yksinään. Sähköparin muodostumisen riski on esimerkiksi hiiliteräksen ja kuparin liitoskohdissa, joita on kaukolämmitysjärjestelmissä usein. /8, s. 5./

3.1.7 Jännityskorroosio

Jännityskorroosiossa metalliin muodostuu murtumia korroosion ja metallin ulkoisen ja/tai sisäisen vetojännityksen vaikutuksesta. Jännityskorroosiolle ovat erittäin alttiit metalliseokset, joiden pintaa peittää passiivinen suojakerros. Tällaisia metalleja kaukolämpöjärjestelmissä ovat ruostumattomat ja haponkestävät teräkset sekä kuparimetallit. Korroosio saa usein alkunsa siitä, että tietyt ionit vahingoittavat passiivista suojakerrosta. Kloridi-ionit ovat vahingolli-

sia ruostumattomalle ja haponkestävälle teräkselle sekä ammoniakki kupari-metallille. Liian korkea pH-arvo ja liian suuri nitriitti-ionipitoisuus puolestaan edistävät hiiliteräksen jännityskorroosiota. Kaukolämmön kiertovesi saattaa olla jännityskorroosion aiheuttajana silloin, kun kloridipitoista kaukolämpövettä on päässyt kaukolämpöputkien pinnalle esim. vuotojen yhteydessä. /8, s. 6./

3.2 Veden käsittely

Vedenkäsittelyn tavoite on poistaa vedestä kovuus, kerrostumia muodostavat yhdisteet, pienentää kloridi- ja vetykarbonaattipitoisuutta, poistaa happi ja sää-tää pH alueelle, jossa eri rakennemateriaalien korrosio on minimissään. Lisä-ja täyttöveden valmistusmenetelmä riippuu käytettävästä raakavedestä sekä kaukolämpöverkoston koosta. Ohjearvojen mukainen kaukolämpöverkoston kiertovesi saavutetaan huolehtimalla, ettei asennusvaiheessa putkistoon pää-se epäpuhtauksia ja öljyjä. Korjaamalla vuotava verkosto ja vuotavat laitteet välittömästi ja asentamalla kiertoveteen sivuvirtapuhdistus, mekaaninen suo-datus ja pehmennyssuodatin. /8, s. 10./

Kaukolämpöveden värjäys on tehty helpottamaan mahdollisten vuotojen löy-tymistä ja helpottamaan mahdollisten käyttövesisiirrinvuotojen paikallistamista. Väriaine ei ole vaarallista, mutta kaukolämpövesi ei täytä talousveden laatu-vaatimuksia.

Kaukolämpöveden laadun varmistamiseksi kaukolämpövedestä otetaan säännöllisin väliajoin näytteitä analysoitavaksi. Näytteitä otetaan 1-2 kertaa kuukaudessa ja näytteestä selvitetään pH-arvo, kokonaiskovuus, happea sito-va kemikaali, sähkönjohtavuus, kokonaisrauta, happipitoisuus, ammoniakki (jos esiintyy) ja kokonaiskupari (jos esiintyy). Tarpeen vaatiessa vesinäyttees-tä voidaan suorittaa tarkempi tutkimus. /8, s. 21./

4 KAUKOLÄMPÖJOHDOT

4.1 Toiminta

Kaukolämpöjohtojen tarkoitus on siirtää energiaa kuuman veden välityksellä lämmöntuotantolaitoksilta lämmönkulutuspaikoille. Suomessa kaukolämpöenergia siirretään kaksiputkijärjestelmällä, joka toimii maksimissaan 120 °C lämpötilalla. /2, s. 137./ Kaukolämpöverkostojen maksimi käyttöpaine on 16 bar. Korkea menoveden lämpötila johtaa suureen lämpötilaeroon meno- ja paluuv veden välillä, tämä vähentää verkoston virtausta ja pumppauskustannuksia. Korkeiden lämpötilojen käyttö mahdollistaa pitkät siirtoetäisyydet voimalaitoksilta käyttökohteisiin. /2, s.137./ Alla oleva kaava selittää veden tilavuusvirran ja lämpötilaeron riippuvuuden toisistaan.

$$\varphi = q_v * \rho * c_p * \Delta t \quad (1)$$

Kaavassa 1

φ = Teho

q_v = Tilavuusvirta

ρ = Virtausaineen tiheys

C_p = Virtausaineen ominaislämpökapasiteetti

Δt = Lämpötilaero kaukolämmön meno- ja paluuv veden välillä

Kaukolämpöveden tiheyden ja ominaislämpökapasiteetin säilyessä muuttumattomina, saadaan yhtä suuri teho pienemmällä tilavuusvirralla, suurempia lämpötilaeroja käyttämällä. Suuren kaukolämmön menoveden lämpötilan ja paluuv veden lämpötila eron vuoksi suuren tehon siirtoon ei tarvita kohtuuttoman suuria putkia.

4.2 Betonielementtikanava

Betonielementtikanava koostuu betonisesta kansi- ja pohjaosasta, teräksisistä virtausputkista ja eristeestä. Teräsputkien tuenta ja lämpöliikkeiden ohjaus tukeutuu tätä varten suunniteltujen teräsosien avulla kuoren seinämiin ja pohjaan. /2, s. 144./ Betonielementtikanavassa on pääosin eristeinä mineraalivilla ja polyuretaanikourut. Betonielementtikanavista yleisin tyyppi on kokoelementtikanava, Emv, joka kootaan tehdasvalmisteisista betonikouruista. Emv on

mineraalivillaeristettyä kaukolämpökanavaa, jossa eristeitä ja virtausputkia suojaa tehdasvalmisteiset betonikourut.

Betonielementtikanavan rakentaminen on työläämpää verrattuna nykyisin käytössä oleviin kiinnivaahdotettuihin kaukolämpöputkielementteihin, koska betonielementtikanava vaatii erityisen hyvän ja tasaisen pohjan, mihin kanavaelementit asetetaan. Lisäksi betonielementtikanavan tulee olla kaadolla kaukolämpökaivoa kohti, josta on mahdollista pumpata betonielementtikanavaan päässyt ulkopuolinen vesi tai mahdollinen vuoto vesi pois. Tämä pitää huolen siitä, etteivät teräksiset virtausputket kärsi verkoston ulkopuolisen veden aiheuttamista korroosioaurioista, eivätkä eristeet kastu.

Betonielementtikanavassa on säännöllisin välimatkoin tuuletusputkia, tuuletusputkien välinen korkeusero aiheuttaa kanavaan painovoiman avulla toimivan ilmanvaihtuvuuden, mikä varmistaa kanavan kuivana pysymisen. Lisäksi tuuletusputket auttavat mahdollisten vuotojen paikallistamisessa höyryämällä. Emv ja Epu ovat molemmat suojattu tehdasvalmisteisilla betonikouruilla, joiden ylä- ja alaelementit ovat lähes samanlaisia.

Emv:n eristeenä on mineraalivillaeriste ja **Epu**:ssa eriste on polyuretaanikourueristettä.

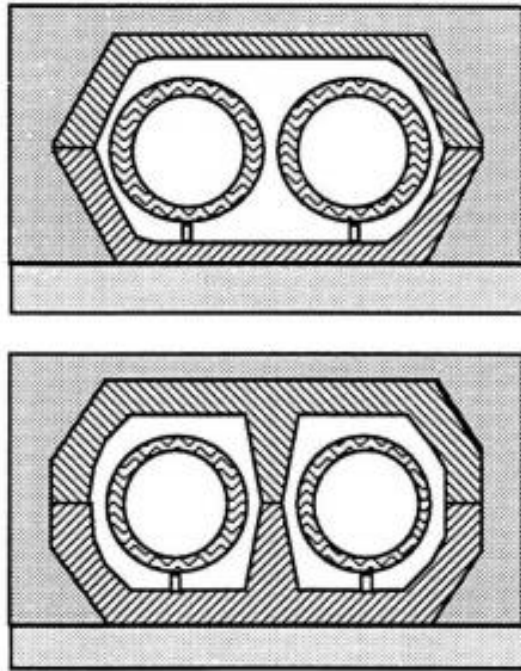
Wmv on kolmetukinen elementtikanava isoissa johdoissa, jossa on lähes samanlaiset ala- ja yläelementit.

Tmv on työpaikalla valettava suorakulmainen kanava, jossa kansi on joko valmistettu elementtilaatoista tai valettu työpaikalla. Kanavaa on käytetty satunnaisesti erittäin vaativissa olosuhteissa.

Ymv on yläelementtikanava, jossa suorakulmainen alaosa on valettu työpaikalla ja yläosan muodostaa E-kanavan yläelementti. Kanavaa on käytetty satunnaisesti erittäin vaativissa olosuhteissa.

Pkb on puolielementtikanava, jossa pohjalaatta on valettu työpaikalla ja kansi- sekä seinäelementit ovat valmistrakenteisia. Eriste on kevytbetonia. /2, s. 144./ Alla olevassa kuvassa on esitetty Epu- betoni-elementtikanavan rakenne.

Tehdasvalmisteiset betonikanavat:



Kuva 1. Betonielementtikanavat

4.3 Muovisuojakuorijohto liikkuvien teräsputkien, Mpul

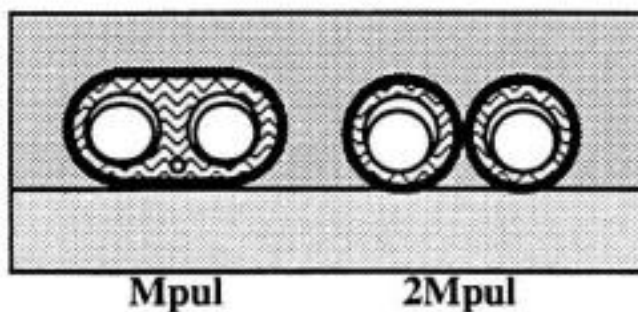
Kanavarakenteen muodostaa polyuretaanieristeellä kiinteästi yhteen liitetty polyeteenisuojakuori ja virtausputkien lasikuituiset suojaputket. Virtausputket on tarkoitettu asennettavaksi näihin tuuletettaviin suojaputkiin, jolloin ne pääsevät vapaasti liikkumaan lämpöliikkeen vaikutuksesta. /2, s. 145./ Putkielementeissä on pohjalla muovinen vuotovesiputki, jonka on tarkoitus johtaa mahdolliset vuoto- ja ulkopuoliset vedet kaukolämpökaivoihin. Kanavatyyppin huonojen ominaisuuksien vuoksi sitä ei ole asennettu vuoden 1990 jälkeen.

60-, 70-, 80-luvuilla Imatralla yleisesti käytössä ollut Mpul- johtorakenne on suuri riskitekijä kaukolämpöverkostoissa, koska kanavan rakennus ajankohtana eri valmistajien kanavat eivät sopineet ristiin toistensa kanssa. /2, s. 145./ Mpul-kanavalle on myös tyypillistä, että kanavassa on tiheästi kiintopisteitä sekä palkeita, joilla ohjataan putkiston lämpöliikettä, nämä kiintopisteet ja palkeet muodostavat tiedostettavan riskin kaukolämpöverkostoon. Mpul-kanavan muovikuoren ja betonista valetun kiintopisteen välinen tiiveys on yleensä puutteellinen, joka mahdollistaa verkoston ulkopuolisen veden pääsyn kaukolämpökanavan sisään ja siten teräksisten virtausputkien ruostumisen. Palkeet voivat myös muodostaa ongelmia verkoston iän kasvaessa. Palkeet ottavat

vastaan verkoston lämpötilavaihteluista johtuvan lämpöliikkeen, tämä liike raskaita ajan kuluessa palkeen materiaalia ja aiheuttaen mahdollisen vuotoriskin. Muovisen suojakuoren liitosrakenteen pettäminen maan painumisesta johtuen aiheuttaa yleisesti ongelmia vanhan Mpul-kanavan kanssa. Ratkennesta muovikuoresta pääsee verkoston ulkopuolinen vesi kanavaan ja ruostuttaa virtausputken puhki jopa alle vuodessa. /5./

Johtotyyppin huonoista puolista voidaan mainita, että johdon ympärillä maan painuminen aiheuttaa muutoksia johdon toiminnassa. Suojaputken tai eristeen rikkoutumisesta mahdollisesti johtuva virtausputkien korroosio laajenee koko kaivoväliin vuotovesiputkesta huolimatta. Muovisuojaputkien liitosrakenne on arka maaperän liikkeille. Virtausputkien ja sen suojaputkien välinen tuuletus on riittämätön. Eri valmistajien elementit eivät ole yhteensopivia. /2, s. 145./ Alla olevassa kuvassa on esitetty Mpul-kaukolämpökanavarakenne.

Muovisuojaputket:



Kuva 2. Mpul- ja 2Mpul-kaukolämpöelementit

4.4 Kiinnivaahdotetut putkielementit

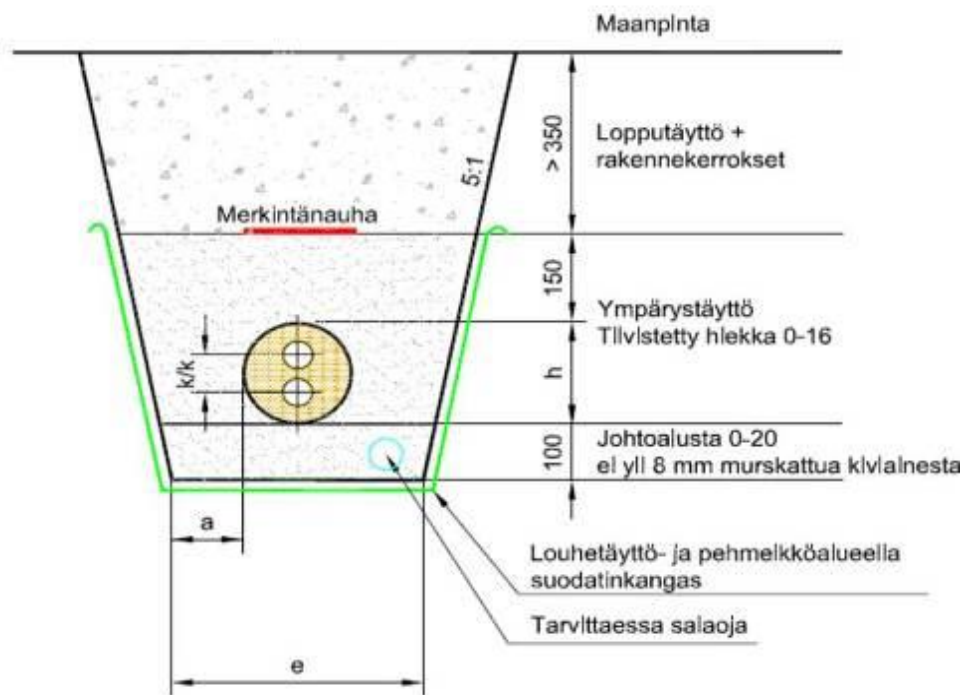
Kiinnivaahdotetuissa kaukolämpöjohdoissa (Mpuk, 2Mpuk) on polyuretaanieristeellä liitetty kiinteästi yhteen virtausputki ja polyeteenisuojakuori. 1980-luvun puolivälin jälkeen käytännössä kaikki johdot on rakennettu tällä johtotyyppillä. /2, s.138./ Kanavatyyppin nimi on kirjain lyhenne, joka kuvaa kanavatyyppiä seuraavin sanoin: M= muovi, pu= polyuretaani ja k= kiinnivaahdotettu. Kirjainten edessä oleva numero kertoo suojakuoten lukumäärästä, eli 2Mpuk:ssa on kaksi erillistä virtausputkea omissa suojakuorissaan ja eristeissä, kun taas Mpuk:ssa molemmat virtausputket ovat samassa suojakuoresa. Muovisuojakuori ei suojaa eristystä ja virtausputkia yhtä hyvin kuin beto-

nielementtikanava. Muovisuoja-kuoren rikkoontuessa vauriot eivät leviä kuoren rikkoontumiskohdasta, koska verkoston ulkopuolinen vesi ei kulje hyvin polyuretaanieristeessä.

4.4.1 Mpuuk-kanavarakenne

Kuvassa 3 on havainnollistettu kaksiputkijohdon rakennetta. Kaksiputkijohdossa on sekä meno- että paluupuolen virtausputket ja yhteinen polyeteenisuoja-putki liitetty polyuretaanieristeellä kiinteästi yhteen. Lämpöhäviöiden vähentämiseksi on menoputki sijoitettu paluuputken alle. /2, s.139./ Yleisimmin kaksiputkijohdojen putkidimensiot ovat DN20 - DN 200 välillä.

MPUK-JOHTO. TYYPIPIIRUSTUS. KANAVAN POIKKILEIKKAUS



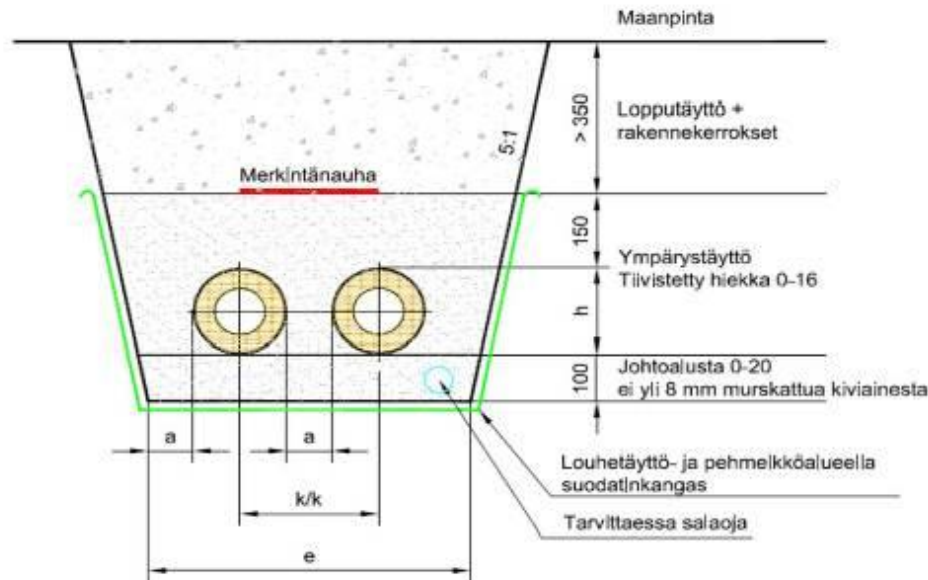
Kuva 3. Mpuuk-elementti

4.4.2 2Mpuuk-kanavarakenne

Yksiputkijohdossa on erilliset meno- ja paluujohto, joissa virtausputki ja polyeteenisuoja-akuori on polyuretaanieristeellä liitetty kiinteästi yhteen /2, s. 139/. Yksiputkijohdojen virtausputkien koot ovat yleensä välillä DN 20 - DN 600,

mutta tarvittaessa DN 1200 saakka. Alla olevassa kuvassa 4 on havainnollistettu 2Mpuk-johtorakennetta.

2MPUK-JOHTO. TYYPIPIIRUSTUS. KANAVAN POIKKILEIKKAUS



Kuva 4. 2Mpuk-elementti

4.5 Muut kaukolämpöputkityypit

4.5.1 Joustavat metalliputkijärjestelmät

Tässä yhteydessä joustavilla järjestelmillä tarkoitetaan sellaisia järjestelmiä, joissa putki on taivuteltavissa työmaalla (joko työkalujen kanssa tai ilman) ja jotka joko joustavan rakenteensa tai materiaalinsa johdosta kykenevät kompensoimaan lämpöliikkeet. Virtausputkena voi olla esimerkiksi kylmävedetty tarkkuusteräs, korrugoitu ruostumaton teräs sekä hehkuttamaton tai hehkutettu kupari. /3./ Joustavat metalliputkijärjestelmät ovat rakenteeltaan samanlaisia kuin 2Mpuk- ja Mpuk-kaukolämpöputket. Suojakuori on polyeteeniä, ja virtausputki on kiinnivaahdotettu polyuretaanieristeellä. Putket toimitetaan joko kankina tai kiepeissä. Putkikieppejä toimitetaan eri pituuksissa, joista se voidaan katkaista sopivaan mittaan ja vältetään ylimääräisiltä jatkosliitoksilta. Joustavia putkia käytetään yleisesti vain talojohtoihin ja pieniin jakelujohtoihin. Joustavat kaukolämpöputkijärjestelmät ovat yleensä kokoa DN 20 - DN80.

Joustavia metalliputkijärjestelmiä on myös villaeristeisinä, liikkuvien kuparisien virtausputkien, tämän putkityypin nimi on Mmvl.

4.5.2 Joustavat muoviputkijärjestelmät

Muoviputkien käyttö kaukolämmityksessä rajoittuu lähinnä matalalämpötilaverkkoihin, niiden paineen- ja lämmönkestokyvyn vuoksi. Muoviputkien lämmönkesto on usein noin 80 °C ja hetkellisesti noin 95 °C ja paineen kesto maksimissaan 10 bar. Muovisissa virtausputkissa on happidiffuusiolt ja toisinpäin tapahtuvan vesi-höyrydiffuusiolt suojaava diffuusionestokerros. /3./

5 IMATRAN KAUKOLÄMPÖVERKOSTOT

5.1 Pääverkosto

Imatran pääkaukolämpöverkosto koostuu kahdesta verkosta, joita yhdistää vuonna 2015 rakennettu yhdyskanava, joka ylittää kaupungin jakavan vuoksi-joen. Ennen yhdyskanavaa Vuoksenniskan verkosto ja Imatrankoski- Mansikkala verkosto oli erillisiä kaukolämpöverkostoja. Molemmat verkostot ovat lähteneet rakentumaan 1960-luvulla. Imatrankoski– Mansikkala-verkosta on alettu rakentamaan vuonna 1968 valmistuneelta Linnalan lämpökeskukselta koulukatua pitkin. Koulukatu–Tainionkoskentien kanava on Imatran vanhin runkokanava, joka on tyypiltään betonielementtikanavaa. Vuoksenniskan verkosto on lähtenyt rakentumaan Honkaharjun sairaalaa palvelleesta lämpökeskukselta, pitkin vuoksenniskantietä kattamaan koko Vuoksenniskan alueen. Vuoksenniskantien alla kulkeva runkokanava on myös tyypiltään betonielementtikanavaa.

5.2 Rajapatsas-Kanavakatu-verkosto

Rajapatsaan kaukolämpöverkoston vanhimmat osat ovat 1980-luvulta. Rajapatsaan kaukolämpöverkoston ja kanavakadun aluelämpöverkoston välinen yhdysjohto tehtiin vuonna 2015. Tämä mahdollisti siirtymisen pois maakaasukattiloilla tuotetusta kaukolämmöstä biopolttoaineisiin, yhdessä vuonna 2015 valmistuneen Poltinkujan 4MW:n biolämpölaitoksen kanssa. Rajapatsas-Kanavakatu-verkoston pituus on noin 7 km.

5.3 Immolan verkosto

Immolan kaukolämpöverkosto on vuonna 2007 Imatran Lämpö Oy:n omistukseen puolustusvoimilta siirtynyt pieni kaukolämpöverkosto, jonka pääasiallinen tarkoitus on jakaa kaukolämpöä Immolan varuskunta-alueelle ja varuskunta-alueen läheisille kerrostaloille. Immolan kaukolämpöverkoston erityispiirteenä voidaan pitää sitä, että kaukolämpöjohdot kulkevat putkikanaaleissa rakennuksesta toiseen. Immolan verkosto on rakennettu pääasiassa 1970-80-luvulla, ja verkosto on täysin alkuperäisessä kunnossaan lukuun ottamatta johto-osuutta vuonna 2015 valmistuneen 1,5 MW biolämpökeskuksen kytkestä osaksi verkostoa ja tuotannon siirtymisestä maakaasusta biopolttoaineisiin.

6 IMATRAN PÄÄVERKOSTON KUNTOTASON SELVITYS

6.1 Oletettavissa olevat ongelmakohdat

Oletettavissa olevat verkoston ongelmakohdat liittyy tiettyihin kaukolämpökanavatyyppeihin ja niissä oleviin rakennusvirheisiin ja tai rakennusajankohdan olettamuksiin ja tietämättömyyteen. Verkoston ikä ei todennäköisesti kerro suoraan kanavan saneeraustarvetta. Kaukolämpöverkoston putkistojen sisäinen korroosio ja kuluminen on todella vähäistä ja vuodon aiheuttaa lähes aina verkoston ulkopuolisen veden aiheuttama korroosio putken ulkopinnassa.

Oletettavissa on myös, että verkoston kuntoselvityksessä todetaan myös joidenkin kaukolämpöventtiileiden olevan huonokuntoisia, vaikkei ulkoista kulumista olisikaan havaittavissa. Yleisimmin ongelmia aiheuttavat ikääntyneet läppäventtiilit, joiden tiiveys on ajan sekä virtaavan veden lämmön vaikutuksesta huonontunut, eikä enää tiivisty täysin venttiiliä suljettaessa. Huonokuntoiset tai toimimattomat venttiilit muodostavat riskin verkoston vuodon sattumissa tai huoltotyön yhteydessä. Toimimattomien venttiileiden vuoksi verkostoon tehtävä katkos voi laajentua, ja verkostoa joudutaan korjaustyön tekemiseksi tyhjentämään suuremmalta alueelta, jolloin verkoston tyhjennetyn osuuden jäähtyessä kaukolämpöputkistoon aiheutuu suuria jännityksiä lämpötilavaihteluista johtuen. Suuret jännitykset vanhassa verkostossa voivat aiheuttaa kaukolämpöputkiin uusia vaurioita. Verkoston tyhjentämisen yhteydessä verkos-

toon pääsee myös ilmaa, joka voi muodostaa esimerkiksi virtaavan kaukolämpöveden seassa ääni ongelmaa asiakaslaitteisiin.

Imatran Lämpö Oy:n kaukolämpöverkossa on käytetty verkoston kokoon nähden paljon kuparisia kaukolämpöputkia, etenkin pienissä runko-, talo-, ja jakelujohdoissa. Virtaava vesi aiheuttaa kulumista kuparisissa virtausputkissa ja kuparin lämpölaajenemiskerroin on terästä suurempi, joka aiheuttaa kupariin kaukolämpöjohtoihin suurempia liikkeitä lämpötilavaihteluista johtuen.

6.2 Aikaisemmat saneerauskohteet

Imatran Lämpö oy:n kaukolämpöverkosto on pyritty pitämään aina hyvässä kunnossa. Vuotoherkiksi kanaviksi todettuja kaukolämpöverkoston osia on pyritty saneeraamaan laajempina kokonaisuuksina jo 1990-luvulta alkaen. Pääasiassa saneeratut kanava osat ovat olleet vuotokohtien saneeraamista uudella kanavarakenteella esimerkiksi kaukolämpökaivojen väli, siten on päästy eroon vaurioituneesta verkosto-osasta ja kanavatyyppin muuttaminen betonielementtikanavasta tai Mpul-kanavasta kiinnivaahdotetuksi on ollut mahdollista. Seuraavalla sivulla olevassa kuvassa on DN100-virtausputki Mpul-kaukolämpökanavasta, johon oli päässyt ulkopuolinen vesi rakennusteknisistä puutoksista johtuen tuhoamaan kaukolämpökanavan. Huonokuntoiseksi päässyt kanavaosuus saneerattiin Mpuk-kanavalla.



Kuva 5. Vuotanut DN100 Mpul-kanavan virtausputki

Imatran kaukolämpöverkostosta on saneerattu noin 5 prosenttia korvaamalla vanha kanava kiinnivaahdotetuilla kaukolämpökanavalla. Metrimäärällisesti suurimmat saneeraukset on tehty pientalo alueelle Uhrikumpuun, jossa alueen kaukolämpörunkokanava saneerattiin Mpul-kanavasta 2Mpuk:si vuonna 1996. Saneeraaminen on hiipunut edellisten vuosien pitkien siirtokanava ja lämpökeskus projektien vuoksi. Suunnitelmallista perusparannusta on tarkoitus jatkaa tulevina kesinä, jotta verkoston kuntotaso saadaan pidettyä hyvänä.

6.3 Aikaisemmat kaukolämpöverkostovuodot

Aikaisemmin tapahtuneet vuodot on merkattu verkostokarttaan liitteeseen 1. Karttaan merkatuissa kanavaosuuksissa voi tulevaisuudessakin esiintyä vuotoja, mikäli ennakoivaa saneerausta ei suoriteta. Samojen tietojen pohjalta voidaan päätellä minkä kanavaosuuksien eristeet ovat kärsineet kosteudesta ja siten menettäneet osan lämmöneristyskyvystään. Verkostokartan vuototiedot tiedot ovat peräisin Imatran Lämpö Oy:n arkistoista sekä työntekijöiden haastatteluista.

6.4 Kaivokierrokset ja verkoston kunnan tarkastelu

Imatran Lämpö Oy:n verkostoasentajat kiertävät kaikki kaukolämpökaivot vuosittain. Kaivokierrosten yhteydessä tehdään huomioita muun muassa putkien eristyksestä kaivoissa, liikkuvatko venttiilit, onko kaivossa vettä ja onko putkisto ruostunut. Näiden kaivokierrosten yhteydessä tehtyjen huomioiden pohjalta on laadittu lista huonokuntoisista kaivoista. Kaivojen kunto määrittelee suuresti verkoston saneeraustarvetta, koska mahdollinen korvaava kanava rakennettaisiin Mpuk- tai 2Mpuk-johtorakenteella, jossa venttiilit ovat maaventtiili-tyyppisiä, eli varsinaiselle kaukolämpökaivolle ei ole tarvetta. Maaventtiili-kaivojen rakennuskustannukset ovat huomattavasti tavallista kaukolämpökaivoa pienemmät, koska maaventtiilikaivoon ei tarvitse tehdä betonivalua, eikä yhtä suurta kaivantoa kaivolle, vaan venttiilikaivon kansisto asennetaan kanavan peittovaiheessa.

Alla olevassa kuvassa on esitetty 2Mpuk-kanavarakenteen maaventtiilikaivo. Maaventtiilikaivo on samanlainen myös Mpuk-kanavarakenteella. Kuvassa alimmaisena on 2Mpuk-kaukolämpökanava, joka on ympäröity tiivistetyllä putkihiekkalla. 2Mpuk venttiilielementtien liitosvaiheessa venttiilikarat ovat kallistettuna toisiaan kohti 0-10°, jotta venttiilikarat mahtuvat kaivoon. Tiivistetyn putkihiekan päälle asetettu filmivanerinen alusta on nuolen numero 4 kohdalla. Nuoli 3 osoittaa venttiilikaivon runkoon, joka on kuvassa betonirengas, mutta kaivo voidaan rakentaa myös muovisella teleskooppikansistolla varustetulla kaivolla, jonka korkeus on helposti säädettävissä asennusvaiheessa. Nuoli 2 osoittaa kaukolämpökaivon kanteen, betonikannen koko määräytyy nuolen kolme osoittaman kaivon renkaan koon sekä halutun kansiston koon mukaan. Kaivon kansiston halkaisija on yleensä noin 600 mm. Kaukolämpömaaventtiilikaivoissa käytetyt kansistot ovat valurautaisia, nuolilla tai kaukolämpötekstillä varustettuja, sekä 40 t painonkestolla luokiteltuja, mikäli kaivot sijoittuvat ajoväylille.

6.5 Huonokuntoiset kaukolämpöventtiilit

Huonokuntoisiksi todetut kaukolämpöventtiilit ovat merkittynä verkostokarttaan (Liite 2) punaisella värillä. Toimimattomat venttiilit on todettu kaivokierrosten sekä verkoston huoltotöiden yhteydessä. Verkostokarttaan merkittyjen huonokuntoisten venttiileiden lisäksi kaukolämpöverkostossa voi olla useampia huonokuntoisia tai toimimattomia venttiileitä, joita ei ole merkitty tai jotka eivät ole haastateltujen henkilöiden tiedossa. Kaukolämpöventtiileiden tiiviyttä on vaikea todeta muussa tapauksessa kuin verkoston huoltotöiden yhteydessä, koska vain silloin venttiiliin yli vallitsee huomattava paine-ero, joka tuo esiin venttiilin epätiiviyden.

Kuvassa 7 on huonokuntoinen läppäventtiili, joka on korvattu varmatoimisemmalla palloventtiilillä. Huoltotöiden yhteydessä vuotavaksi todetut venttiilit ovat vaikeuttaneet hitsaustöiden tekoa ja siten pidentäneet lämmöntoimituskatkosta monesti Imatralla. Ennalta suunniteltu katkoalue laajenee, kun joudutaan sulkemaan seuraavat venttiilit kauempaa verkostosta kuin on ollut tarkoitus. Tällaiset lämmöntoimituskatkokset, joihin kuluttajat eivät ole voineet varautua, tulisi minimoida, ettei kaukolämmityksen sekä yrityksen maine kärsisi, eikä kuluttajille aiheutuisi harmia.



Kuva 7. Vuotanut läppäventtiili, jonka kuminen tiiviste on repeytynyt

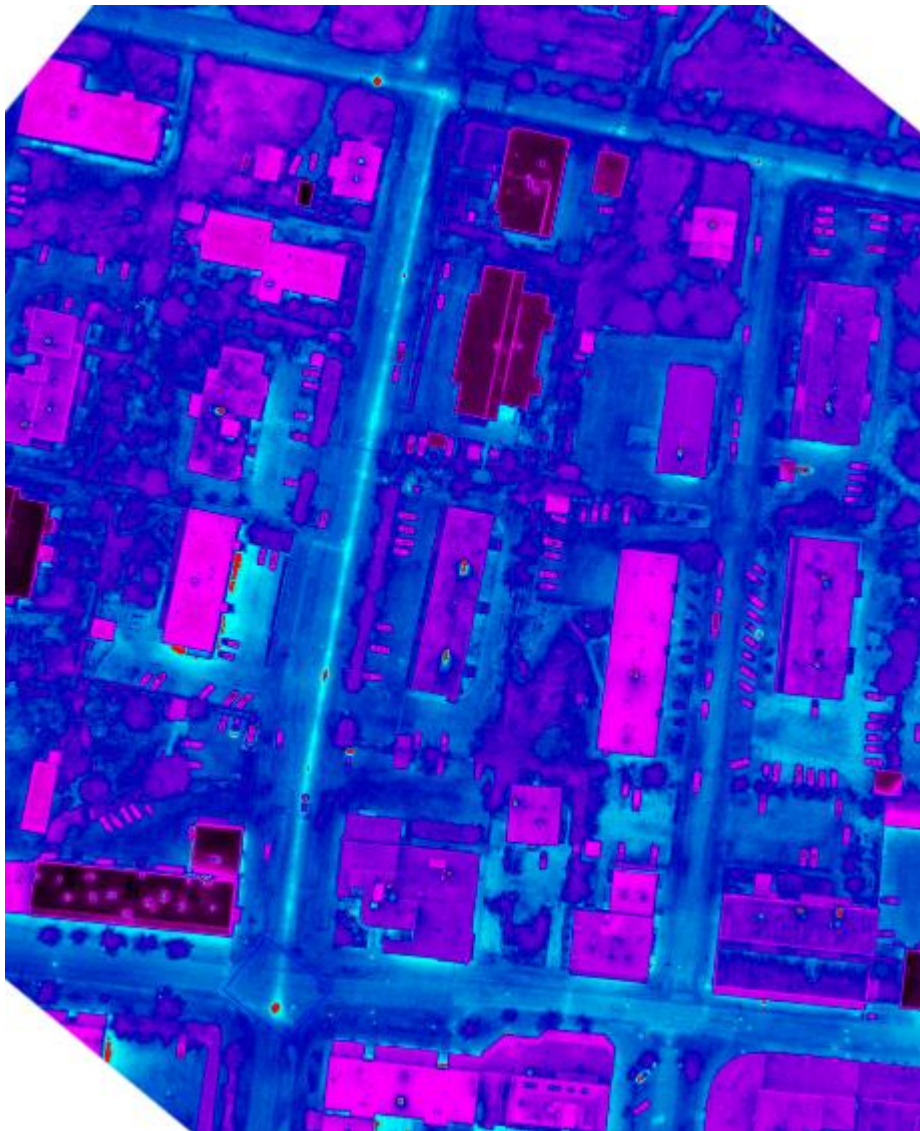
6.6 Lämpökamerakuvat

Imatran Lämpö Oy tilasi koko kaukolämpöverkostonsa kattavan lämpökamerakuvaus Mosaicmill Ltd :ltä. Lämpökamerakuvaus suoritettiin lentokoneesta, yhden kilometrin korkeudesta. Lämpökamerakuvista käy ilmi kaukolämpöverkoston eri kanavaosuuksien lämpöhäviöt. Kuvien perusteella ilmoitettut tehot eivät ole todellisia lämpöhäviötehoja, mutta kuvissa olevat lämpöhäviötehot ovat vertailukelpoisia keskenään.

Lämpökamerakuvien tutkimisen perusteella löytyi myös yksi verkostovuoto, joka korjaamalla pystyttiin välttämään koulukeskuksen lämmöntoimituksen mahdollinen katkeaminen lämmityskaudella. Lämpökamerakuvien perusteella voidaan vertailla helposti kanavaosuuksien eristysten tasoa toisiinsa. Kuvassa 8 näkyy selvästi huonoeristeinen DN150-betonielementtikaukolämpökanava Esterinkadulla. Kuva on pohjois–etelä-suunnassa. Kadun poikittaisista risteyksistä lähtevät kaukolämpökanavat, joita on hankala erottaa kuvasta, joka taas kertoo niiden eristystason olevan huomattavasti paremmassa kunnossa kuin lähes valkeana hohtava Esterinkadun kaukolämpökanava. Esterinkadun kaukolämpökanava on myös lähes aina talvisin asfaltin pinnalta sula.

Esterinkadun pohjoispäähän tulevaa DN100 Mpuk -kaukolämpökanavaa on lähes mahdotonta erottaa kuvasta sen hyvän lämpöeristyksen takia.

Imatran Lämpö Oy:llä on tarkoitus teettää kaukolämpöverkoston lämpökamerakuvaus uudestaan muutaman vuoden päästä. Uusintakuvauksen perusteella voidaan tarkkailla eri kanavaosuuksien lämpöhäviöiden kehittymistä ja mahdollisten uusien vuotojen paikallistamista muuttuneiden lämpöhäviöiden perusteella vertailemalla uusia ja aikaisempia lämpökamerakuvia toisiinsa.



Kuva 8. Esterinkatu lämpökamerakuva

6.7 Saneeraustarpeessa olevien linjojen määrittely

Saneeraustarpeessa olevien kaukolämpökanavien määrittely on kaukolämmityksessä hankalaa, koska Suomessa kaukolämpöverkostot sijaitsevat pääsääntöisesti maahan kaivettuna. Verkoston kunnon arviointi perustuu oletuksiin ja tiettyjen kanavatyyppien tiedostettuihin ongelmakohtiin. Saneeraustarpeessa olevien kanavaosuuksien määrittelyyn on haastateltu Risto Tahvanaista, joka on toiminut Imatran kaukolämpöverkostopäällikkönä 42 vuotta ennen eläköitymistään. Hänen kaukolämpöverkoston tuntemuksen ja tiedon lisäksi saneeraustarpeessa olevia kaukolämpökanavia on määritelty Imatran Lämpö Oy:n nykyisen kaukolämpöverkostopäällikön Pauli Akkilan sekä verkostoasentajien Mikko Varjosen ja Janne Luostarisen avulla. Saneeraustarpeessa olevat kanavat on merkitty kaukolämpöverkostokarttoihin (Liite 3 ja 4).

7 SANEERAUSSUUNNITELMAN LAATIMINEN

7.1 Riskikartoitus kanavaosuuksille

Riskien kartoituksessa on pyritty arvioimaan mahdollisesta verkostovauriosta syntyvää haittaa asiakkaalle sekä arvioimaan verkostovaurion haittaa yritykselle. Riskienkartoitus on tehty kanavaosuuksille, jotka on lueteltu taulukossa liitteessä 5. Erilaiset toimintatavat ja mahdollisuudet jakaa verkostoa venttiileillä on selvitetty, ja näiden tulosten pohjalta arvioitu mahdollisen verkostovaurion laajuutta sekä kaukolämmön tuotannossa aiheutuvia rahallisia menetyksiä, mikäli verkostovaurio ajaisi maakaasukäyttöisten varalämpökeskusten käyttöön.

7.1.1 Lämmötoimituskatkoksen pituus

Lämmötoimituskatkoksen ajallista pituutta pyritään arvioimaan vikaantuneen kanavaosuuden sijainnin ja kanavatyyppin mukaan. Sijainnin lisäksi tarkastellaan, mitkä ovat mahdollisuudet toimittaa lämpöä asiakkaille vaihtoehtoisia verkstoreittejä pitkin, jakamalla verkostoa venttiileillä osiin ja eristämällä vuotoalue muusta verkostosta. Tarkistetaan, voidaanko lämmötoimituskatkoksesta kärsivälle alueelle toimittaa kaukolämpö esimerkiksi siirrettävällä lämpökeskuksella. Lämmötoimituksenhäiriön vaikutus alue pyritään pitämään

mahdollisimman pienenä etenkin pakkaskausina, jolloin rakennusten lämmön tarve on suurimmillaan.

Verkostovuodon korjauksen ajallinen kesto määräytyy vuodon suuruudesta, havainnon ajankohdasta, onko kesä vai talvi, päivä vai yö, arkipäivä vai viikonloppu. Imatran Lämpö Oy:n päivystäjän vasteaika hälytykseen on 15 minuuttia vuorokauden ajasta riippumatta. Imatran Lämpö Oy:llä on vuosityösopimukset putkiurakoitsijan sekä maansiirtourakoitsijan kanssa, joilta työntekijät saapuvat verkostovauriopaikalle noin tunnin kuluessa. Kaivutöiden ja putkikorjauksien ajat arvioiden, kaukolämpökanavan takaisin käyttöönottoon menee arvioituna vähintään 3-4 tuntia vuodon havaitsemisesta. Suurikokoisten runkolinjojen tai muuten erityisten verkostovaurioiden korjaamiseen menee aikaa huomattavasti enemmän.

7.1.2 Lämmötoimituskatkoksesta aiheutuvat rahalliset menetykset

Imatran Lämpö Oy:lle tuotantotaloudellisesti suurimman riskin aiheuttaisi sellainen verkostovaurio, joka estäisi Virasojan bio-lämpökeskuksen hyödyntämisen esimerkiksi Vuoksen eteläisen puolen kaukolämpöverkoston energialähteenä. Tällaisesta vauriosta koituisi yritykselle kymmenien tuhansien eurojen rahalliset menetykset vuorokaudessa lämmityskaudella. Rahalliset menetykset aiheutuisivat tuotannon siirtymisestä bio-polttoaineista maakaasuun, joka on polttoaineena huomattavasti kalliimpaa kuin bio-polttoaineet.

7.2 Saneeraamisen perustelu

Järjestelmällisellä ja ennakkoon suunnitellulla kaukolämpöverkoston perusrannuksella pyritään korvaamaan vuotoherkiksi osoittautuneet johto-osuudet sekä poistaa verkostosta ongelmalliset liitosratkaisut sekä kiintopisteet. Saneerauksen yhteydessä putkikokojen uudelleen mitoittamista on tarkasteltava, sillä energiansiirron tarve saneerattavien kaukolämpöputkien kautta on voinut muuttua vanhojen virtausputkien alkuperäisen mitoittamisen ajasta.

Uudelleen mitoittamalla voidaan vähentämään veden virtauksesta aiheutuvaa painehäviötä ja sitä kautta vähentämään pumppaustarvetta ja pumppauksesta aiheutuvia kustannuksia. Saneerattavan osuuden uudelleen mitoitukselle voidaan myös vaikuttaa paine-eroltaan ongelmallisiin kulutuspaikkoihin. Imatran

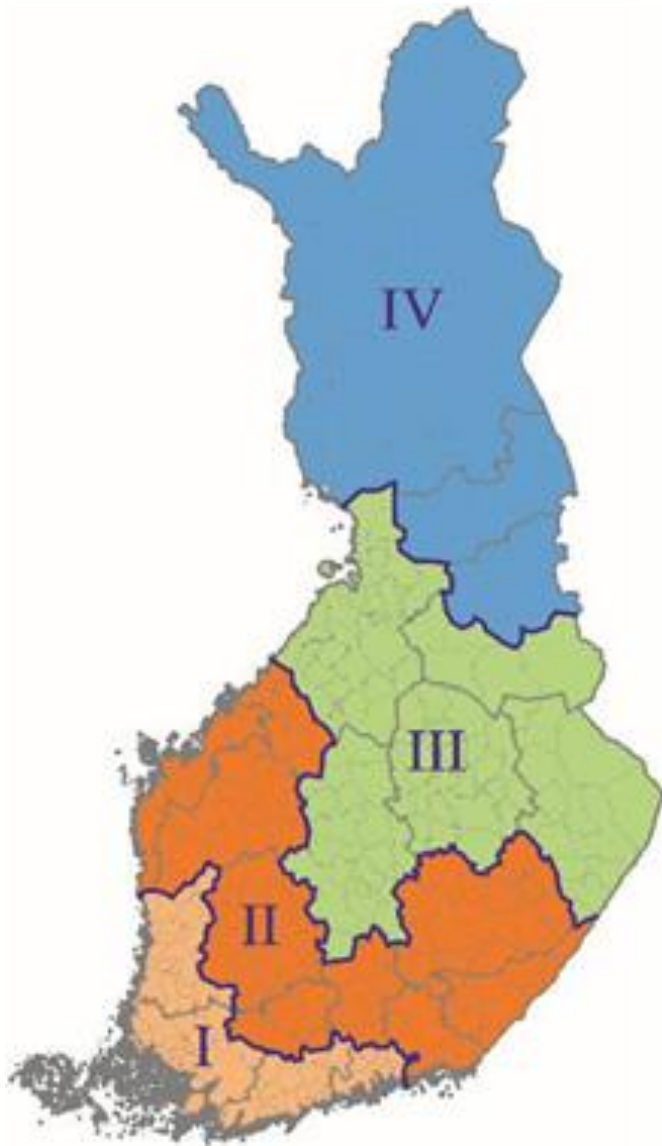
kaukolämpöverkostossa ei ole toistaiseksi välipumppaamoita, vaan kaikki kaukolämpöpumppaus tehdään lämmöntuotantolaitoksissa. Virasojan biolämpökeskuksen ja kauimmaisen kaukolämpökuluttajan, Imatran kylpylän välissä on noin 8,5 kanavakilometriä. Aikaisemmin Imatran kylpylän tarvitessa suuria energiamääriä myös kesäisin, jolloin verkoston lämpötilat ovat matalampia, kylpylä määritteli koko verkoston pumppauksen tarpeen. Rastaankadun DN 80 -betonielementtikanavan rinnalle rakennettiin vuonna 2017 tulevaisuudessa tämän kanavan korvaava DN 125 Mpuk-kanava Tuulikallion kadulle. Tämän myötä kylpylälle johtavalle kaukolämpökanavalle avautui uusi vaapammin virtaava syöttösuunta ja kaukolämpöpumppauksen paineen korotusta voitiin vähentää.

7.2.1 Verkostolämpöhäviöiden väheneminen

Kaukolämmityksessä johtojen siirtämästä energiasta kuluu verkoston lämpöhäviöinä 5-15 prosenttia. /6/. Lämpöhäviöiden suuruus riippuu eniten kaukolämpökanavatyyppistä. Esimerkiksi kiinnivaahdotettujen Mpuk- ja 2Mpuk-kanavien kulkua kaupungissa on huomattavasti hankalampi havaita talvella paljaalla silmällä verrattuna vanhaan betonielementtikanavaan. Verkoston saneerauksen yhteydessä korvaava kaukolämpökanavatyyppi on helppo valita, koska Imatran kaukolämpöverkoston koko on pääasiassa alle DN 200, joten voidaan käyttää Mpuk-putkea. Mpuk-kanavatyyppissä on pienemmät lämpöhäviöt verrattuna 2Mpuk-kaukolämpökanavatyyppiin.

2Mpuk- ja Mpuk- kaukolämpökanavarakenteen todelliset lämpöhäviöt MWh/m ovat peräisin Planora Oy:ltä, joka on laatinut diagrammit lämpöhäviöistä Mpuk- ja 2Mpuk-kaukolämpöputkityypeille (liite 6 ja 7), joita on käytetty alla olevien taulukoiden perustana. Planoran mukaan taulukot on laadittu lämpötilavyöhykkeelle kolme ja maaperän lämpötilat ovat sen mukaiset. Vaikka Imatra sijoittuu maantieteellisesti lämpötilavyöhykkeelle kaksi, saatavilla olevan luotettavan tiedon vähyyden vuoksi päädyttiin käyttämään näitä diagrammeja. /9./ Lämpötilavyöhykkeet käyvät ilmi lämpötilavyöhykekartasta kuvassa 9. Taulukoissa on jokaiselle putkikoolle kaksi eri lämpötilaa, koska taulukot on alun perin laadittu vertailemaan verkoston lämpötilojen pienentämisellä saavutettavia hyötyjä. Imatran Lämpö Oy:n verkostoa ajetaan korkeammilla lämpöti-

loilla, joten kuvaajien pohjalta laadituissa laskelmissa on käytetty punaisten palkkien osoittamia hukkaenergian arvoja.



Kuva 9. Lämpötilavyöhykkeet

Taulukoiden perusteella laadittiin erilliset lämpöhäviö taulukot 2Mpuk- ja Mpuk-kaukolämpöputkityypeille, jotta saneerauksen yhteydessä saatava hyöty voitaisiin laskea molemmilla vaihtoehdoilla. Barckin laatimissa taulukoissa Y-akselin arvot ilmoittavat energiahäviön megawattitunteina kanavametriä kohden vuodessa. Tämä arvo muutettiin alla osoitetulla kaavalla W/m-arvoksi, jonka avulla eri kanavatyyppejä on mahdollista vertailla keskenään lämpöhäviötehojen perusteella. Alla esitettyihin taulukoihin lämpöhäviöistä johtuvat vuosienergiahäviöt on muutettu keskimääräisiksi lämpöhäviötehoiksi metriä kohden. Näiden lämpöhäviötehojen perusteella saadaan vertailutieto eri kana-

vatyyppien lämpöhäviöistä, kun on tiedossa saneerattavan kanavaosuuden pituus ja koko.

$$\frac{E}{t} = P \quad (2)$$

Kaavassa 2

E= Energia (MWh)

t= Aika (h)

P= Teho (MW)

Laskuissa energiamäärä, E on lämpöhäviöenergia vuodessa kanavametriä kohden. Aika on tuntien lukumäärä vuodessa, 8760 h/a. Energia yksiköstä MWh:sta tehoon muunnettaessa on käytetty megawatin ja watin suhdelukua 1000000, jotta lopputuloksena on helposti käsiteltävä ja ymmärrettävä yksikkö W/m.

Taulukko 1. Mpuk- lämpöhäviötehot

Kanava	Energia	Teho
Mpuk	MWh/a/m	W/m
DN20	0,100	11,4
DN 25	0,120	13,7
DN 32	0,125	14,3
DN 40	0,138	15,8
DN 50	0,130	14,8
DN 65	0,145	16,6
DN 80	0,160	18,3
DN100	0,160	18,3
DN125	0,155	17,7
DN150	0,175	20,0
DN 200	0,180	20,5

Taulukko 2. 2Mpuk-lämpöhäviötehot

Kanava	Energia	Teho
2Mpuk	MWh/a/m	W/m
DN20	0,160	18,3
DN 25	0,170	19,4
DN 32	0,175	20,0
DN 40	0,205	23,4
DN 50	0,230	26,3
DN 65	0,260	29,7
DN 80	0,270	30,8
DN 100	0,280	32,0
DN 125	0,315	36,0
DN 150	0,345	39,4
DN 200	0,365	41,7
DN 250	0,370	42,2

Betonielementtikanavan ja Mpul-kanavarakenteen korvaamisen kannattavuutta vertailevien taulukoiden 3 , 4, 5 ja 6 takaisinmaksuajat ja rahalliset säästöt vuodessa on laskettu Imatran Lämpö Oy:n vuoden 2018 arvonlisäverottoman energiahinnan mukaan. Imatran Lämpö Oy:n kaukolämpöenergian arvonlisäveroton hinta helmikuussa 2018 54,15 €/ MWh.

Kaukolämpökanavan rakennuskustannukset ovat keskiarvo vuosien 2014, 2015 ja 2016 Energiateollisuus ry:n maanalaisten kiinnivaahdotettujen kaukolämpöjohtojen rakentamiskustannukset tilaston kiinnivaahdotettujen kaksiputkisten ja yksiputkisten kaukolämpöjohtojen verottomat rakentamiskustannukset –taulukoista. Rakentamiskustannukset ovat eriteltynä liitteessä 8. Vanhojen kaukolämpökanavatyyppien lämpöhäviötehot on Energiateollisuus ry:n laatimista verkon saneerauksen ja uudisrakentamisen energia- ja kustannustehokkuus laskentatyökalu 2012 – Excel-laskentataulukosta.

Taulukko 3. Betonielementti-2Mpuk

BETONIELEMENTTIKANAVA- 2Mpuk							
DN	Lämpöhäviöteho, betonikanava W/m	Lämpöhäviöteho, 2Mpuk, W/m	Lämpöhäviötehon säästö, W/m	Vuosisäästö, lämpöhäviöt, kWh/m	Vuosisäästö, lämpöhäviöt, €/m	Rakennus- kustannus, €/m	takaisinmaksu- aika, vuotta
80	75	31	49	431	23	252	11
100	80	32	68	596	32	276	9
125	90	36	89	780	42	283	7
150	100	39	111	969	52	280	5
200	115	42	158	1387	75	399	5
250	130	42	208	1820	99	413	4

Taulukko 4. Betonielementti-Mpuk

BETONIELEMENTTIKANAVA- Mpuk							
DN	Lämpöhäviöteho, betonikanava W/m	Lämpöhäviöteho, Mpuk W/m	Lämpöhäviötehon säästö, W/m	Vuosisäästö, lämpöhäviöt, kWh/m	Vuosisäästö, lämpöhäviöt, €/m	Rakennus- kustannus, €/m	takaisinmaksu- aika, vuotta
80	75	18	62	541	29	184	6
100	80	18	82	716	39	214	6
125	90	18	107	940	51	278	5
150	100	20	130	1139	62	327	5
200	115	21	179	1572	85	303	4

Taulukko 5. Mpul-2Mpuk

Mpul- 2Mpuk							
DN	Lämpöhäviöteho, Mpul, W/m	Lämpöhäviöteho, 2Mpuk, W/m	Lämpöhäviötehon säästö, W/m	Vuosisäästö, lämpöhäviöt, kWh/m	Vuosisäästö, lämpöhäviöt, €/m/a	Rakennus- kustannus, €/m	Takaisinmaksu aika, vuotta
20	23	18,3	4,7	41	2	140	62
25	25	19,4	5,6	49	3	145	55
32	27	20,0	7,0	62	3	153	46
40	30	23,4	6,6	58	3	157	50
50	33	26,3	6,7	59	3	166	52
65	36	29,7	6,3	55	3	172	57
80	39	30,8	8,2	72	4	195	50
100	42	32,0	10,0	88	5	225	47
125	46	36,0	10,0	88	5	250	52
150	50	39,4	10,6	93	5	290	58
200	57	41,7	15,3	134	7	400	55

Taulukko 6. Mpul-Mpuk

Mpul- Mpuk							
DN	Lämpöhäviöteho, Mpul, W/m	Lämpöhäviöteho, Mpuk, W/m	Lämpöhäviötehon säästö, W/m	Vuosisäästö, lämpöhäviöt, kWh/m	Vuosisäästö, lämpöhäviöt, €/m/a	Rakennuskustannus, €/m	Takaisinmaksuaika, vuotta
20	23	11,4	11,6	101	5	140	25
25	25	13,7	11,3	99	5	145	27
32	27	14,3	12,7	112	6	153	25
40	30	15,8	14,2	125	7	157	23
50	33	14,8	18,2	159	9	166	19
65	36	16,6	19,4	170	9	172	19
80	39	18,3	20,7	182	10	195	20
100	42	18,3	23,7	208	11	225	20
125	46	17,7	28,3	248	13	250	19
150	50	20,0	30,0	263	14	290	20
200	57	20,5	36,5	319	17	400	23

Edellisistä taulukoista käy ilmi, että betonielementtikanavan saneeraaminen jo pelkästään lämpöhäviöiden vuoksi olisi kannattavaa, koska kaukolämpökanavien tekninen käyttöikä on 30 - 50 vuotta ja saneerausinvestoinnin takaisinmaksuaika on DN 200 -betonielementtikanavalla vain neljä vuotta. Pienemmillä kanavaosuuksilla lämpöhäviöiden kautta saatava hyöty on pienempi ja takaisinmaksuajat ovat pidempiä.

Mpul-kanavan saneeraamisesta kiinnivaahdotetuilla kaukolämpökanavalla ei saada yhtä suurta parannusta verkostohyötysuhteeseen kuin betonielementtikanavan saneeraamisesta. Mpul-kaukolämpökanavien eristys on huomattavasti betonielementtikanavia parempi, tämä johtaa merkittävästi pidempiin takaisinmaksuaikoihin, koska uuden kiinnivaahdotetun kanavan rakennuskustannukset pysyvät samoina ja lämpöhäviöenergiasta saatava säästö pienee. Taulukoissa ei huomioida kiintopisteiden vaikutusta lämpöhäviöihin, joita Mpul-kanavassa on huomattavan paljon ja ne lisäävät lämpöhäviötä Mpul-kanavissa, joten lämpöhäviöteho on jonkin verran suurempi todellisuudessa, kuin Energiategollisuus ry:n laskentataulukon antamat arvot. Myöskään kanavissa virtaavan tuuletusilman vaikutusta ei ole huomioitu lämpöhäviötehoissa, tämä lisää lämpöhäviötehoa entisestään.

Kuntoselvityksen yhteydessä on todettu, että pientaloalueilla, joiden kaukolämpöverkosto on rakennettu Mmvl-kaukolämpökanavalla, on huomattavia lämpöhäviöitä. Tämä johtuu kastuneista mineraalivillaeristeistä. Kanavatyyppi ei ole tuuletettu, joten kerran kastunut villa pysyy märkänä käytännössä koko putkiston elinkaaren ajan. Villa on näillä pientaloalueilla kastunut aikaisempien vuotojen vuoksi ja liitoskohdista päässeeseen ulkopuolisen veden vaikutuksesta. Kosteaa eristysvilla johtaa lämpöä paremmin kuin kuiva villaeriste ja pitää siten maanpinnan sulana ympäri vuoden näillä pientaloalueilla. Kosteaa villa ei ruostuta kuparisia virtausputkia, kuten teräksisiä virtausputkia, joten vuotoriski ei juuri kasva eristeiden kastuttua.

Kaukolämpöverkoston lämpöhäviöiden pieneneminen ei yksin riitä perustelemaan verkoston saneerausta, mutta vanhan kanavan korvaaminen uudella paremmin eristetyllä kanavalla parantaa verkoston hyötysuhdetta. Verkon teknisten ominaisuuksien esimerkiksi lämmöneristävyiden kehittämiseen tähtääviä merkittäviä perusparannuksia ilman varsinaista johtovauriota ei tähän mennessä ole juurikaan toteutettu. /7./

7.2.2 Ennakoinnilla saavutettavat säästöt

Ennakoinnilla saavutetut mahdolliset säästöt perustuvat kaukolämpöverkoston hyvän yleiskunnon ylläpitämiseen ja saneerausvelan hillitsemiseen. Toistaiseksi Imatran Lämpö oy:n kaukolämpöverkostoissa on ollut 1-4 vuotoa vuodessa, joka on suhteellisen vähän verkostokilometrit ja ikä huomioonottaen. Ennakoinnilla saadaan pidettyä vuosittaiset saneerausinvestoinnit hallittuina ja suunniteltuina ja siten välttämään yllätyksiltä, joita ei ole huomioitu yrityksen vuosibudjetissa.

Saavutettuihin säästöihin voidaan lukea myös rahallisesti mittaamattomat asiat, kuten kaukolämmityksen imago ja lämmön toimittaja yrityksen maine. Toistuvilla lämmöntoimituskatkoksilla olisi huono vaikutus luotettavana pidetyn kaukolämmityksen maineeseen ja kuluttajien mielipiteisiin. Nykyisin kaukolämpöyritysten toimintaa seurataan julkisuudessa tarkasti ja kaikki vähänkin

suuremmat vauriot uutisoidaan. Kaukolämpö on viime vuosina joutunut yhä tiukempaan kilpailutilanteeseen muiden lämmitysmuotojen kanssa, ja yritysten on syytä tiedottaa aktiivisesti etukäteen tulevista työkohteista. /5/.

Verkostovaurioista johtuvissa lämmöntoimituskatkoksissa ei kuluttaja ole voinut varautua ennalta tilanteeseen. Huonoimmassa asemassa ovat ne kuluttajat, joiden työ vaatii kaukolämpöenergiaa esimerkiksi lämpimän käyttöveden muodossa. Ennalta suunnitellulla saneerauksella ja verkoston huoltotöiden ajankohdan suunnittelulla voidaan välttää lämmöntoimituskatkoksesta mahdollisesti aiheutuvat tulonmenetykset ja kuluttajat ovat voineet ennalta varautua tilanteeseen ja aikatauluttaa oman toimintansa niin, että lämmöntoimituskatkoksesta aiheutuu heille mahdollisimman vähän haittaa.

7.3 Resurssit

7.3.1 Kilpailutus

Imatran Lämpö Oy kuuluu julkisten erisalisalojen kilpailutuslain piiriin, joka edellyttää urakoitsijoiden kilpailutusta. Pienemmät kaukolämpörakennustyömaat onnistuvat vuosityösopimuksen kautta, mutta laajoihin urakoihin täytyy tehdä erillinen urakoitsijoiden kilpailutus. Kaukolämpöverkosto työmailta eritellen maanrakennusurakka ja kaukolämpökanavan rakennusurakka.

Kilpailutus alkaa tarjouspyynnön laatimisella, jossa määritellään, mitä halutaan tehdä ja millaisella aikataululla. Tarjouspyyntöasiakirjassa on määritelty muun muassa urakoitsijoilta vaaditut pätevyudet kaukolämpöverkostotöiden tekemiseen. Tarjouspyynnön kanssa toimitetaan työselitys, jossa on eriteltynä urakan sisältämät eri työvaiheiden toimintatavat sekä työtavat. Työselityksen perusteella urakkaa tarjoavat yritykset tietävät työn laajuuden ja erityispiirteet. Urakka tarjouspyynnössä pyydetään yksikköhintaluettelo, johon on eriteltynä työsuorituksia, joita voidaan yksikköhinnoitella, esimerkiksi kaukolämpöputkielementtien yhdistystöitä ja eristystöitä putkikokojen mukaan.

Urakkaa tilaavalla yrityksellä on laadittu pisteytystaulukko, jolla voidaan ohjata urakoitsijan tai tarjouskilpailun voittavan tarjouksen valinta perusteita. Valintaperusteisiin vaikuttavalla pisteytyksellä pyritään valitsemaan yrityksen toiminnan kannalta paras tarjous. Pisteytys siirtää painopistettä tilaajan haluamaan

suuntaan ja laskee kompromissia muun muassa urakkaa tarjoavan yrityksen kokemuksen, referenssikohteiden ja tarjouksen hinnan välillä

7.3.2 Sisäiset resurssit

Imatran Lämpö Oy:n henkilökunnassa on kaksi verkostoasentajaa, jotka pääasiallisesti toimivat uudisrakentamisen ja saneerauksen parissa. Verkostoasentajat auttavat aliurakoitsijaa muun muassa eristystöissä ja kaukolämpöputkien siirtämisessä ynnä muissa hitsaria auttavissa verkostonrakennustöissä. Imatran Lämpö Oy:n rajallisten henkilöstöresurssien vuoksi aliurakoitsijalta tilataan myös eristystyöt suurempiin rakennuskohteisiin. Kaukolämpöverkoston uudisrakentaminen sekä saneeraaminen on varsin hidasta, koska verkostorakennus sijoittuu lähes aina kaupunkialueelle ja usein ajoväylien välittömään läheisyyteen, joka tuo omat haasteensa työskentelyyn. Verkoston rakentaminen sijoittuu yleensä aikajaksolle, jolloin maa on sula, joten mikäli halutaan saneerata laajempia osuuksia verkostosta sekä myös uudisrakentaa samaan aikaan, rakennustyömaita on useita päällekkäin. Kesäaikana työntekijöiden vuosilomat vähentävät ennestään pieniä resursseja. Tämä voi johtaa Imatran Lämpö Oy:n tilanteeseen, jossa kaukolämpöverkostonrakennustyömaat joudutaan rakentamaan täysin ulkopuolisella työvoimalla.

7.3.3 Ulkoiset resurssit

Ulkoisina rajoittavina tekijöinä on urakoitsijoiden työntekijöiden määrä. Kaukolämpöverkoston rakennus vaatii luotettavan urakoitsijan, jolla on luokkahitsareita ja koulutettua henkilökuntaa suorittamaan kaukolämpökanavien jatkokset ja eristykset luotettavasti. Kaukolämpöverkoston rakennustöitä tekeviä urakoitsijoita on Suomessa rajallinen määrä ja urakoitsijoilla myös rajalliset resurssit henkilökunnan määrässä. Tästä syystä laajemmat verkoston saneeraus tai rakennustyöt olisi ennakoitava ajoissa, jotta urakoitsijoilla on mahdollisuus reagoida työmäärään ja siten organisoida omaa toimintaansa. Myös verkostonrakennus suunnitelmien teettämiseen on varattava aikaa sekä erilaisten sijoituslupien hankintaprosesseille. Tarvittaessa yksittäiset isommat saneeraukset taikka uudisrakennusurakat voidaan kilpailuttaa useiden eri kaukolämpöverkostonrakennustöitä tekevien urakoitsijoiden välillä. Heistä vain ne tarjoavat, kenellä on resursseja tehdä tarjottu työ.

7.4 Saneerausjärjestys

Saneerausjärjestys on laskettu Excel-ohjelmistolla, johon on laadittu taulukko Energiateollisuus ry:n suosituksen L7 2016 mukaisesti. Taulukoon asetetaan arvot, joiden perusteella kanavaosuudelle määräytyy saneeraustarpeen prioriteettiluku, joka suoraanaisesti kertoo suositellun saneerausjärjestyksen. Prioriteettiluvun määrittelyyn on käytetty alla lueteltuja pisteytysmenetelmiä, jotka ovat Energiateollisuus ry:n suositus L7:n mukaiset.

Verkostovauriosta aiheutuvia seurauksia voidaan arvioida esimerkiksi seuraavilla kriteereillä:

1. Kaukolämpöverkostovaurion korjauskustannukset ja epäkäytettävyydestä välillisesti tai välittömästi aiheutuvat kustannukset, esimerkiksi tuotannolliset menetykset, verkostovaurion korjauskustannukset tai kaukolämmön myynnin estymisestä aiheutuneet rahalliset menetykset.

1. 0 – 5 k€
2. 5 – 30 k€
3. 30 – 100 k€
4. Yli 100 k€

2. Arvioidaan lämmöntoimituskatkoksen kesto kaukolämpöventtiileiden sulkeamisesta siihen saakka kun verkosto on täytetty ja paineet päällä. Aikaarvio ei ole verkostovaurion korjaukseen käytetty kokonaisaika.

1. Alle 4 tuntia
2. 4 – 8 tuntia
3. 8 – 12 tuntia
4. Yli 12 tuntia

3. Verkostovaurion korjaustöistä johtuvan lämmöntoimituskatkosalueen kulutuspaikka tai ihmismäärä, joiden kaukolämmön käyttöön verkostovaurio vaikuttaa.

1. Alle 10 kulutuspaikkaa
2. 10 – 20 kulutuspaikkaa
3. 20 – 30 kulutuspaikkaa tai 50 – 100 ihmistä
4. Yli 30 kulutuspaikkaa tai yli 100 ihmistä

4. Mahdollisen verkostovaurion vaikutusalueella olevien kiinteistöjen käyttö-tarkoituksen mukaan arvioidaan kaukolämmön tarvetta, jonka perusteella verkosto osuudelle määritetään tärkeysluku.

1. Muut asiakkaat
2. Asuintalot, pienyrittäjät, virastot, oppilaitokset, päiväkodit
3. Kasvihuoneet, teollisuus, puhdistamot
4. Sairaalat, terveyskeskukset, vahainkodit, hoitolaitokset

5. Aiheutuuko mahdollisesta verkostovauriosta haittaa kuluttajille, työntekijöille tai ympäristölle. Riskin mukaan aloitettavat toimenpiteet aikatauluttavat ennakoidun saneerauksen suunnittelun, jonka perusteella saneerauksen aikataulutus tapahtuu.

1. Merkityksetön riski, ei vaaraa ihmisille ja ympäristölle
2. Vähäinen riski, korjaavat toimenpiteet sopivan aikataulun mukaan
3. Merkittävä riski, korjaavat toimenpiteet tehtävä vuorokauden kuluessa
4. Hyvin suuri riski, vaatii välittömiä toimenpiteitä.

Taulukossa (liite 5) on saneeraustarpeessa olevat kanavat, joille on määriteltä prioriteettiluvut. Suurimman prioriteettiluvun saanut verkosto-osuus on taulukoon arvioitujen tietojen perusteella ensimmäisenä saneerattava. Taulukon saneerausjärjestykseen voi tulla muutoksia käytännössä, mikäli joidenkin verkosto-osuuksien kunto huononee odotettua nopeammin tai nykyinen kunto arvio ei ole realistinen.

7.5 Saneerausjärjestyksen perustelu

7.5.1 Keskustan saneeraus

Saneerausjärjestyksen ensimmäisinä verkosto-osuuksina ovat Lappeentien sekä Esterinkadun kaukolämpökanavat. Näiden kanavien saneeraus on syytä suorittaa lähitulevaisuudessa niiden keskeisen sijainnin vuoksi sekä niiden varrella olevan suuren asiakasmäärän vuoksi. Molemmat kaukolämpökanavat sijaitsevat vilkkaasti liikennöidyllä katualueella lähellä kaupungin keskustaa, mikä hankaloittaa saneerausta. Molempien kanavien sijainnin ja suuren asiakasmäärän vuoksi saneeraus täytyy suunnitella hyvin ennakoon, jotta vaikutus asiakkaisiin jäisi mahdollisimman vähäiseksi. Esterinkadun saneeraushan-

ketta tukee myös kanavan nykyiset suuret lämpöhäviöt, joista päästäisi eroon saneeraamalla kanava uudella kiinnivaahdotetulla kaukolämpökanavalla.

7.5.2 Vuoksenniskantie-Peltolankatu

Saneerauskohteiden priorisointitaulukossa keskustan kaukolämpökanavien kanssa yhtä tärkeäksi saneerauskohteeksi ilmeni Vuoksenniskantie-Peltolankatu-kaukolämpökanava. Vanhin osa tästä kaukolämpökanavasta on DN 125 Mpul-kanavaa vuodelta 1978, ja tämä kaukolämpökanava on ainut kaukolämmön toimitussuunta Uhrikummun, Ratavallinkaaren sekä Virasojan asuinalueille. Saneerauksen suunnitteluvaiheessa tulee pohtia, onko uusi kanava kannattavaa rakentaa eri reittiä pitkin toiseksi toimitussuunnaksi alueelle. Nykyisen vanhan kaukolämpökanavan vikaantuessa vanha kanava voidaan kytkeä irti verkostosta, jolloin uusi kanava korvaa vanhan. Korvaavan kanavan rakennustyön yhteydessä uusien asiakkaiden liittäminen kaukolämmitykseen olisi mahdollista ja siten saneerauksesta tulisi entistä kannattavampaa.

7.5.3 Heikinkatu-Tainionkoskentie-risteys

Heikinkatu–Tainionkoskentie-risteyksessä sijaitsevan kaukolämpökaivon sekä kaukolämpökanavien saneeraus on tehtävä lähitulevaisuudessa, koska kaivon pääsee sadevettä ja kaivo on tyhjentämisestä huolimatta aika-ajoin täynnä vettä. Tämä johtaa kaukolämpökanavien kastumiseen ja korroosion kehittymiseen virtausputkien pinnalle. Kaivon sekä kanavien sijainti on ajoväylällä yhdestä vilkkaimmin liikennöidyistä liikenneympyröistä Imatralla. Mahdollisen vauriotilanteen sattuessa korjaustöitä olisi vaikea suorittaa, ja se johtaisi pitkään lämmöntoimituskatkokseen asiakkaille.

7.5.4 Koulukatu

Koulukadun kaukolämpökanava on verkoston vanhin, jonka eristys sisältää asbestia, jonka asianmukainen poistaminen toisi haastetta verkostovaurion korjaamiseen tämän kanavan kohdalla. Ennalta suunnitellun saneerauksen yhteydessä asbestityöt voidaan suunnitella ja turvataan työntekijöiden turvalliset työolot verkostonrakentamisen aikana.

7.5.5 Koulukatu-Viipurintie

Viipurintien alittava kaukolämpökanava on betonielementtikanavaa. Kanava on sijoitettu kevyenliikenteenväylän alikulkutunneliin, ja kanava on mahdollisesti kärsinyt sadevesien pääsystä betonielementtien sisään. Kaukolämpökanava toimittaa kaukolämpöä kerrostaloasuinalueelle, jonka toinen syöttösuunta on DN 80 Mpul -kanava, jonka tehonsiirtokyky ei riitä kyseiselle asuinalueelle pakkaskelissä.

7.5.6 Havurinne-Koulukeskus

Vuoksenniskantieltä koulukeskukselle haarautuvan runkokanavan riskit ovat haarassa olevat läpi vuotavat kaukolämpöventtiilit, jotka vaikeuttavat kanavan korjaustyötä ja pidentäisivät lämmöntoimituskatkosta. Koulukeskukselle johtava runkokanava on ainut syöttösuunta ja kanavatyypiltään Mpul-kaukolämpökanavaa. Kanavassa on paljon lämpölaajenemisen tasaus palkeita sekä kiintopisteitä, joiden kunnosta ei ole täyttä varmuutta.

7.5.7 Sienimäenkatu-Liekokatu

Sienimäenkadulta Liekokadulle johtava, kerrostalon kellarissa kulkeva kaukolämpökanava muodostaa riskin sen ollessa ainut syöttösuunta leipomolle. Kaukolämpökanavan kokoa voidaan suurentaa ja siten kanavan tehonsiirtokyky mahdollistaisi uusien asiakkaiden liittämisen kaukolämmitykseen ja verkosto olisi virtauskyvyn riittävyyden perusteella mahdollista laajentaa Sienimäen rantaan kaavoitetulle asuinalueelle ja siellä olevalle asuinalueelle.

7.5.8 Leppärinne

Leppärinteen kerrostaloille kaukolämpöä toimittavarunkokanava on vuonna 1978 rakennettua Mpul-kanavaa, joka alkaa olla käyttöikänsä päässä. Kanava on kerrostalojen ainut syöttösuunta, ja verkostovaurion sattuessa jättäisi monet ihmiset lämmityksen ulkopuolelle. Kaukolämpökanavan varressa olisi muutamia mahdollisia uusia asiakkaita, mutta kanavan mitoitus on tällä hetkellä niin tarkka, ettei lisäkuorman liittäminen ole mahdollista.

7.5.9 Tainionkoskentie-Uimahalli

Tämä kaukolämpökanava on vuonna 1968 rakennettua puolielementtiberonikanavaa. Kanava on verkoston vanhimpia osuuksia ja sijainniltaan haastavassa paikassa, mikäli kaukolämpökanava vaurioituisi. Kanavan lämpöhäviöt ovat myös suuret huonon eristyksen takia.

7.5.10 Tainionkoskentie-Joutsenonkatu

Virastokadun ja Tainionkoskentien risteyksestä, Joutsenonkadun alkuun johtava Emv DN 200 -runkokanava on tärkeä verkoston painesuhteiden kannalta. Tässä kanavassa on ollut aiemmin vuotoja, ja osa siitä on jo saneerattu Mpuk-kanavalla. Kanava olisi hyvä saneerata kokonaan verkoston toiminnan varmistamiseksi.

7.5.11 Pasinkuja

Pasinkujalta Jutinkadulle johtava kanavaosuus on vuotanut aiemmin, ja sen eristys sekä virtausputket ovat kärsineet vuotovesistä. Vikaantuessa tämä kaukolämpökanavaosuus aiheuttaisi ongelmia paine-erojen riittävydessä pakkaskeleillä.

7.5.12 Sumukuja-Utukuja

Pientalo alueen kaukolämpöverkosto on rakennettu Mpul-kanavasta sekä muovisuojujakuorijohdosta kuparisin, liikkuvien virtausputkien varustetuista kaukolämpöelementeistä. Kuparisissa talohaaroissa olleista vuodoista eristeeseen päässyt vesi on kastellut kanavien villaeristeen, mikä aiheuttaa merkittävät lämpöhäviöt alueen kaukolämpökanaviin sekä maanpinnan sulana pysymisen talojen pihoilla talvisin.

7.5.13 Peltolankadun talohaara

Peltolankatu 50 t-alohaara kulkee betonisen muurin sisällä, ja sen kunnosta ei ole tietoa, koska sitä on vaikea tarkastaa. Talohaara palvelee kahta kerrostaloa ja vikaantuessaan kanavan korjaus olisi hankalaa.

7.5.14 Ikävalonkuja

Ikävalonkujan saneeraus tulee ajankohtaiseksi uuden varasyöttösuunnan yhteydessä, jolloin Ikävalonkujan saneeraus tapahtuu samalla ja kaukolämpökanavan putkidimensiota voidaan suurentaa.

7.5.15 Tuulikallionkatu

Tuulikallionkadulle vuonna 2017 rakennettu, Rastaankadun betonielementtikanavaa korvaava Mpuk-kanava on yhdistetty toistaiseksi Rastaankadulta tulevaan DN 80 -betonielementtikanavaan 100 m matkalta. Tämä vanha DN 80 -osuus tulisi saneerauksen yhteydessä korvatuksi DN 125 Mpuk -kanavalla, ja siten mahdollistaisi Tuulikallionkadun DN 125 Mpuk -kanavan täyden tehonsiirtokyvyn käytön ja poistaisi käytöstä vanhan DN80-kanavan Rastaankadulta.

7.5.16 Lukiolaisenpolku-Tietäjänkatu

Tämän yhdyskanavan saneeraus on suunniteltu siten, että kanava poistetaan käytöstä sen vikaantuessa. Verkoston uudisrakentamisen yhteydessä on huomioitu tämän kanavan poistaminen, eikä kanavan varressa ole yhtään kuluspistettä.

8 SANEERAUS

8.1 Budjetointi

Kaukolämpöverkoston rakennuttaminen ajoittuu pääasiassa kesälle, koska silloin maaperä on sulaa. Talvella jäisen maan kaivutyöt ovat hitaampia ja verkoston rakentaminen ei ole yhtä kustannustehokasta kuin kesäaikana rakentaminen. Uusien kaukolämpöverkosto-osuuksien rakentaminen ajaa helposti saneerauksen yli, mikäli verkoston laajennuksella saadaan uusia asiakkaita ja siten lisää tuloja lämpöyhtiölle. Verkoston laajentamisen ja vanhojen kanavien saneerauksen välille tulisi löytää kompromissi, jolla yrityksen rajalliset resurssit voitaisiin käyttää oikein ja kohdentaa oikeisiin paikkoihin.

Yrityksen vuosibudjettiin on sisällytetty kaukolämpöverkoston saneeraukselle tietty rahaosuus. Tämän saneerausbudjetin osuutta on helpompi tulevana vuo-

sina arvioida, kun on ennakkoon päätetty, minä vuotena saneerataan mikäkin verkosto osuus. Ennakkoon tiedossa olevien saneerauskohteiden perusteella on myös helpompi aikatauluttaa tulevat uudisrakennuskohteet ja siten helpottaa lämpöyhtiön ja urakoitsijoiden yhdenaikaista työmäärää.

8.2 Kanavaosuuksien saneerauskustannusten määrittely

Kaukolämpöverkosto-osuuksien saneerauskustannukset on arvioitu käyttäen Energiateollisuus ry:n tilastotietoja kiinnivaahdotettujen kaukolämpöputkien rakennuskustannuksista. Saneerauskustannuksiin vaikuttavat myös vanhan kaukolämpökanavan mahdollinen purkaminen pois maaperästä, kun se korvataan uudella kaukolämpökanavalla. Saneerattavan verkosto-osuuden laajuus on arvioitu kaukolämpöverkostopäällikön kanssa ja saneerattava osuus voi laajentua esimerkiksi, jos saneerauksen yhteydessä vanhan kaukolämpökanavan kunto osoittautuu odotettua huonommaksi.

Saneeratun kaukolämpökanavaosuuden suoranaisten takaisinmaksuajan määrittely on vaikeaa, koska ennakoivalla kunnossapidolla pyritään välttämään huonokuntoisesta kanavaosuudesta aiheutuvat yllättävät kulut. Joten saneerauksesta saatu säästö perustuu laskelmissa vain lämpöhäviöiden vähentymisestä saatavaan säästöön. Todellisuudessa lämpöhäviöiden lisäksi saneerauksesta saadaan säästö myös, mikäli saneerattuun kanavaosuuteen olisi tullut vuoto ja siitä olisi aiheutunut ylimääräisiä korjauskustannuksia. Kaukolämpöverkostosta vuotava vesi aiheuttaa kuluja energiayhtiölle, koska verkostoon täytettävä vesi ja sen lämmittäminen ei ole ilmaista, eikä myöskään laskutettavissa kuluttajilta. Vuodon korjauksen aikana tyhjennetyn verkoston uudelleen täyttöön käytetyn vesi ja lämmittämiseen käytetty energia aiheuttavat myös ylimääräisiä kustannuksia. Tällaisten vuotojen ilmeneminen uudella kaukolämpökanavalla saneeratussa verkosto-osuudessa on harvinaista, mikäli rakennusvirheitä ole sattunut.

Joidenkin verkosto-osuuksien saneerauksessa vanhan kanavan korvaava kanava voidaan rakentaa täysin erilaista reittiä pitkin, jolla on vaikutusta saneerattavan osuuden pituuteen. Joissain tapauksissa saneerattava verkosto-osuus on rakennettu 60-70-luvulla kaupungin kasvukehityssennusteen mukai-

sesti. On oletettu, että kaupunki laajenee tietyille alueille ja kaukolämpöverkosto on rakennettu näiden olettamusten ja suunnitelmien perusteella.

Tänä päivänä kaupunki ei juuri laajene ja tiedetään, mille verkosto-osuuksille ei ole odotettavissa kaukolämpökuorman lisääntymistä, joten nämä osuudet voidaan saneerauksien yhteydessä uudelleen mitoittaa ja mahdollisesti rakentaa täysin erilaista reittiä. Uusi korvaava kaukolämpökanava voi olla merkittävästi lyhyempi reitiltään, koska kaukolämpöverkoston rakentuminen vuosien saatossa mahdollistaa uusien kanavareittien käyttämisen ja kytkemisen. Esimerkiksi jos Tainionkoskentiellä sijaitseva, uimahallia ja ammattikoulun prosessipuolen rakennukselle lämpöä toimittava DN 200 Ymvl -runkokanava poistetaan käytöstä ja korvataan Mpuk-kanavalla, joka rakennetaan Lukiolaisen polkua pitkin, korvaantuisi vanhaa kanavaa noin 1,2 km ja uuden kanavan pituudeksi tulisi noin 0,5 km. Seuraavissa laskelmissa on todettu, että mikäli korvaava kanavaosuus olisi kokoa DN 125, takaisinmaksuaika tällaiselle saneeraukselle pelkästään lämpöhäviöiden kautta olisi noin 2,5 vuotta.

$$\text{Kanavan pituus} * \text{Lämpöhäviöteho} * \text{Aika} = \text{Lämpöhäviöenergian määrä} \quad (2)$$

$$\text{Lämpöhäviöenergiämäärä} * \text{Energianhinta} = \text{Lämpöhäviöinä menetetty raha} \quad (3)$$

$$\text{Kanavan pituus} * \text{rakennuskustannukset} = \text{Kanavan rakennuskustannukset} \quad (4)$$

$$\frac{\text{Rakennuskustannukset}}{\text{Vuotuinen säästö}} = \text{Takaisinmaksuaika} \quad (5)$$

Laskuissa käytetyt yksiköiden lyhenteet

a= Vuosi

d= Vuorokausi

m= metri

W= watti

MW= megawatti

MWh= megawattitunti

DN 200 Ymvl

Pituus: 1200 m

Keskimääräinen lämpöhäviöteho: 115 W/m

Energian hinta: 54,15 €/MWh

$$\frac{1200 \text{ m} * 115 \text{ W/m} * 365 \text{ d/a} * 24 \text{ h/d}}{1000000 \text{ W/MW}} = 1208,9 \text{ MWh/a}$$

$$1208,9 \text{ MWh/a} * 54,15 \text{ €/MWh} = 65460,90 \text{ €/a}$$

DN 125 MPuk

Pituus: 500 m

Keskimääräinen lämpöhäviöteho: 36 W/m

Energian hinta: 54,15 €/MWh

$$\frac{500 \text{ m} * 36 \text{ W/m} * 365 \text{ d/a} * 24 \text{ h/d}}{1000000 \text{ W/MW}} = 157,7 \text{ MWh/a}$$

$$157,7 \text{ MWh} * 54,15 \text{ €/MWh} = 8538,40 \text{ €/a}$$

Vuotuinen lämpöhäviöistä saatava säästö

$$65460,90 \text{ €/a} - 8538,40 \text{ €/a} = 56922,50 \text{ €/a}$$

Mpuk kanavan rakennuskustannukset

Pituus: 500 m

Keskimääräiset rakennuskustannukset: 278 €/m

$$500 \text{ m} * 278 \text{ €/m} = 139000 \text{ €}$$

Takaisinmaksuaika

$$\frac{139000\text{€}}{56922 \text{ €/a}} = 2,44 \text{ Vuotta}$$

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen aikana saatujen tulosten pohjalta Imatran Lämpö Oy:n kaukolämpöverkosto on vielä kohtuullisessa kunnossa, eikä verkoston saneerausvelka ole kasvanut kohtuuttoman suureksi. Verkostoa tulee jatkossa saneerata vähintään kaksi kilometriä vuodessa, jotta verkoston nykyinen keski-ikä saataisi ylläpidettyä.

Tutkimusten perusteella Imatralla systemaattiseksi ongelmaksi kaukolämpöverkostossa ei ole todettu yhtään yksittäistä kaukolämpökanavatyyppiä. Verkostovuotoja on ollut tasaisesti kaikissa kanavatyypeissä lukuun ottamatta kiinnivaahdotettuja kaukolämpökanavia teräksisin virtausputkin.

90-luvulla laajamittaisesti käyttöön tulleet kiinnivaahdotettujen kaukolämpökanavien kestävyys tulee ilmi tulevien 10 - 20 vuoden aikana. Toistaiseksi Mpuk- ja 2Mpuk-kanavarakenteet ovat kestäneet, eikä niissä juurikaan ole esiintynyt vuotoja Imatran kaukolämpöverkostossa. Niille voidaan olettaa pidempää käyttöikää kuin esimerkiksi Mpul-kanavarakenteelle.

Imatran Lämpö Oy:n kaukolämpöverkoston kunnon tarkkailua jatketaan tulevaisuudessakin vuosittaisten kaukolämpökaivokierrosten avulla. Imatran Lämpö Oy aikoo teettää lämpökamerakuvausten kaukolämpöverkostolle, jotta vuonna 2017 teetetyille lämpökamerakuvauksille saadaan vertailumateriaalia. Lämpökamerakuvien perusteella voidaan vertailla jo saneerattujen kaukolämpölinjojen lämpöhäviöiden vähenemistä. Lämpökamerakuvien perusteella voi

myös tarkkailla, ovatko jonkun tietyn verkosto-osuuden lämpöhäviöt kasvaneet ja onko kohdassa mahdollisesti pieni kaukolämpövuoto. Kaukolämpöverkostovuotoja seurataan päivittäin lämpökeskuksilta verkostoon pumpattavan lisäveden määrää mittaamalla.

Kuparisten talojohtojen suurimmaksi ongelmakohdaksi ovat Imatralla muodostuneet 90-luvulla ja 2000-luvun alussa käytetyt juotettavat jatkosholkit, joiden laaduissa on ollut puutteita. Jatkosmuhveihin on prässätty painauma, joka keskittää jatkettavat kuparijohdot jatkosmuhviin. Jatkosmuhvi repeää virtauksen ja lämpöliikkeiden aiheuttamien jännitysten vuoksi tämän painauman kohdalta.

Tulevaisuudessa mahdollisesti pitkistä lämmöntoimituskatkoksista kärsiviä paikkoja voivat olla alueet, joilla on vain yksi toimitussuunta, josta kaukolämpöä tulee alueelle, eikä alueella ole vara- tai huippulämpökeskusta. Tällaisia alueita varten tulisi kaukolämpökaivoihin rakentaa yhteet, joihin olisi mahdollista kytkeä siirrettävä lämpökeskus ja siten turvata alueen lämmönsaanti suurimmissa häiriötilanteissa. Siirrettävän lämpökeskuksen saatavuudesta ja vuokraamisesta tulisi olla sopimus, jotta se on hätätilanteessakin mahdollista saada käyttöön kohtuullisella odotusajalla.

LÄHTEET

1. Imatran Lämpö Oy, 2017. Vuosikertomus 2016
2. Energiateollisuus ry, 2006. Kaukolämmön käsikirja
3. Adato, 2018. Kaukolämpöekstra, joustavat putkijärjestelmät
<https://kaukolampoekstra.fi/jakelu/putkijarjestelmat/joustavat-putkijarjestelmat>
4. Adato, 2018. Kaukolämpöekstra, Vapaasti liikkuvat putkijärjestelmät
<https://kaukolampoekstra.fi/jakelu/putkijarjestelmat/vapaasti-liikkuvat-putkijarjestelmat>
5. Energiateollisuus ry, 2016. L7 kaukolämpöverkon suunnitelmallinen perusparantaminen
6. [Energiateollisuus ry, 2018. Kaukolämpöverkot. Www-dokumentti. Saatavilla: https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiaverkot/kaukolampoverkot](https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiaverkot/kaukolampoverkot) [viitattu 01.03 2018].
7. Energiateollisuus ry, 2008. KK4 Kaukolämpöverkon perusparannustoiminnan yhtenäistäminen
8. Energiateollisuus ry. 2007. KK3 Kaukolämmön kiertoveden käsittely.
9. Ilmatieteenlaitos, 2018. Energialaskennan testivuodet nykyilmastossa. Www-dokumentti. Saatavilla:
<http://ilmatieteenlaitos.fi/energialaskennan-testivuodet-nyky> [viitattu 15.03 2018].
10. Tahvanainen Risto. 2/2018. Entinen kaukolämpöinsinööri. Haastattelu Imatran Lämpö Oy
11. Akkila Pauli. 2/2018. Kaukolämpöinsinööri. Haastattelu Imatran Lämpö Oy
12. Varjonen Mikko. 2/2018. Kaukolämpöyliasentaja. Haastattelu Imatran Lämpö Oy
13. Luostarinen Janne. 2/2018. Kaukolämpöyliasentaja. Imatran Lämpö Oy

KUVALUETTELO

Kuva 1. Energiateollisuus ry, Kaukolämpöverkon suunnitelmallinen peruspantaminen Suositus L7/2016, sivu 8.

Kuva 2. Energiateollisuus ry, Kaukolämpöverkon suunnitelmallinen peruspantaminen Suositus L7/2016, sivu 13.

Kuva 3. Energiateollisuus ry, Kaukolämpöjohtojen suunnittelu- ja rakentamisohjeet Suositus L11/2013, sivu 46.

Kuva 4. Energiateollisuus ry, Kaukolämpöjohtojen suunnittelu- ja rakentamisohjeet Suositus L11/2013, sivu 45.

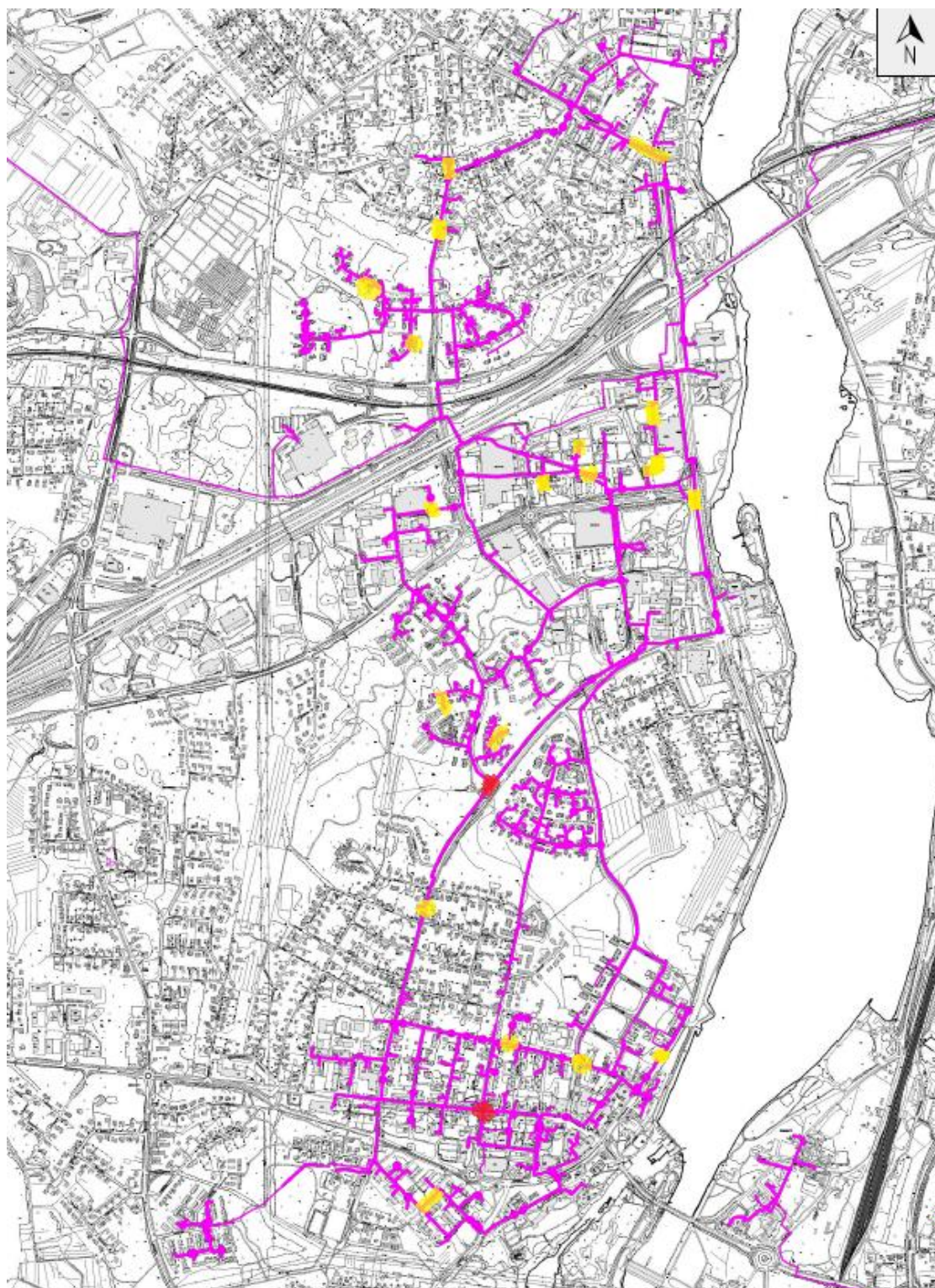
Kuva 5. Imatran Lämpö Oy / Iiro Sorvali, 2017

Kuva 6. Energiateollisuus ry, Kaukolämpöjohtojen kaivot Suositus L3/2015, sivu 32.

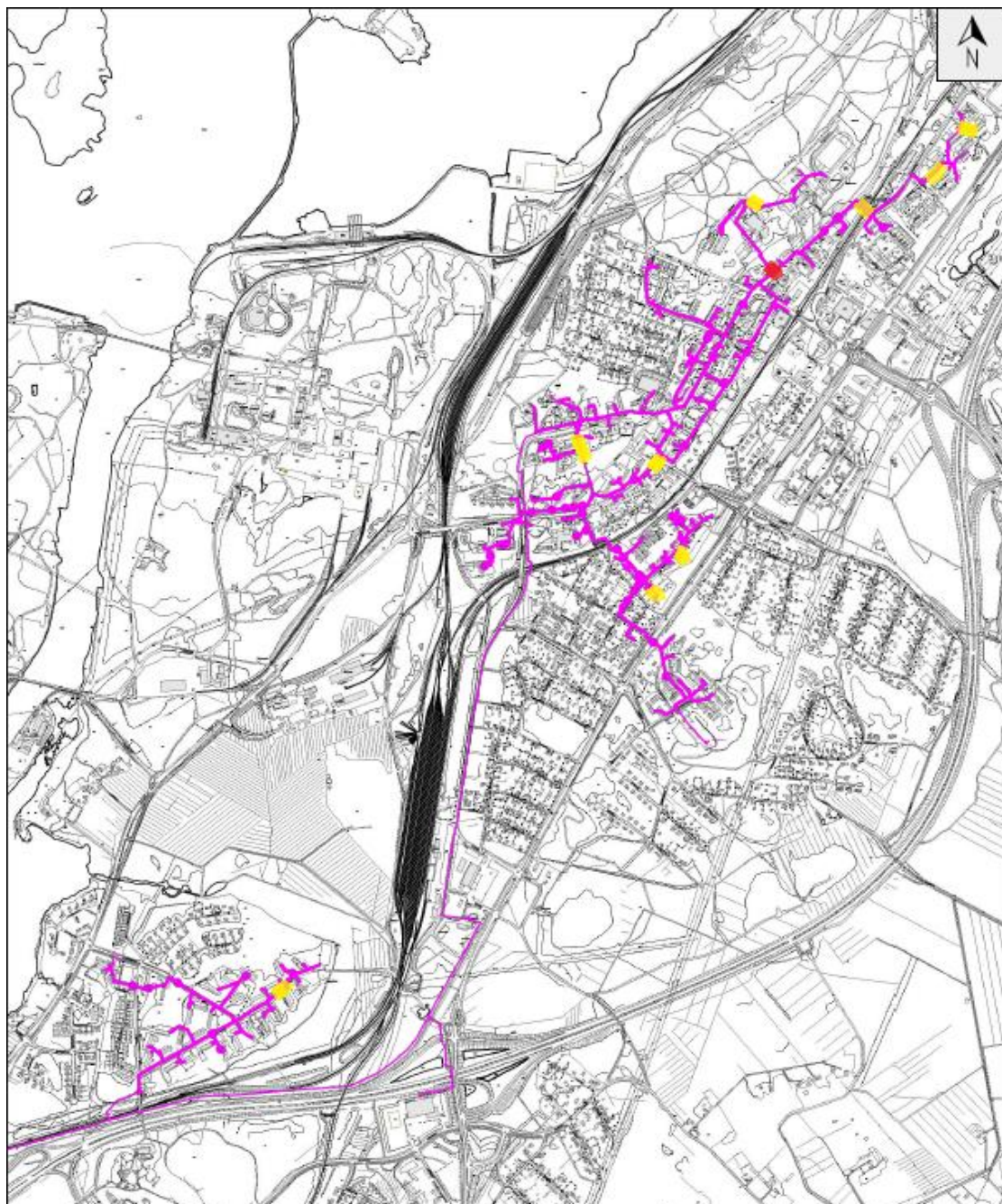
Kuva 7. Imatran Lämpö Oy

kuva 8. Imatran Lämpö Oy/ Mosaicmill, 2017

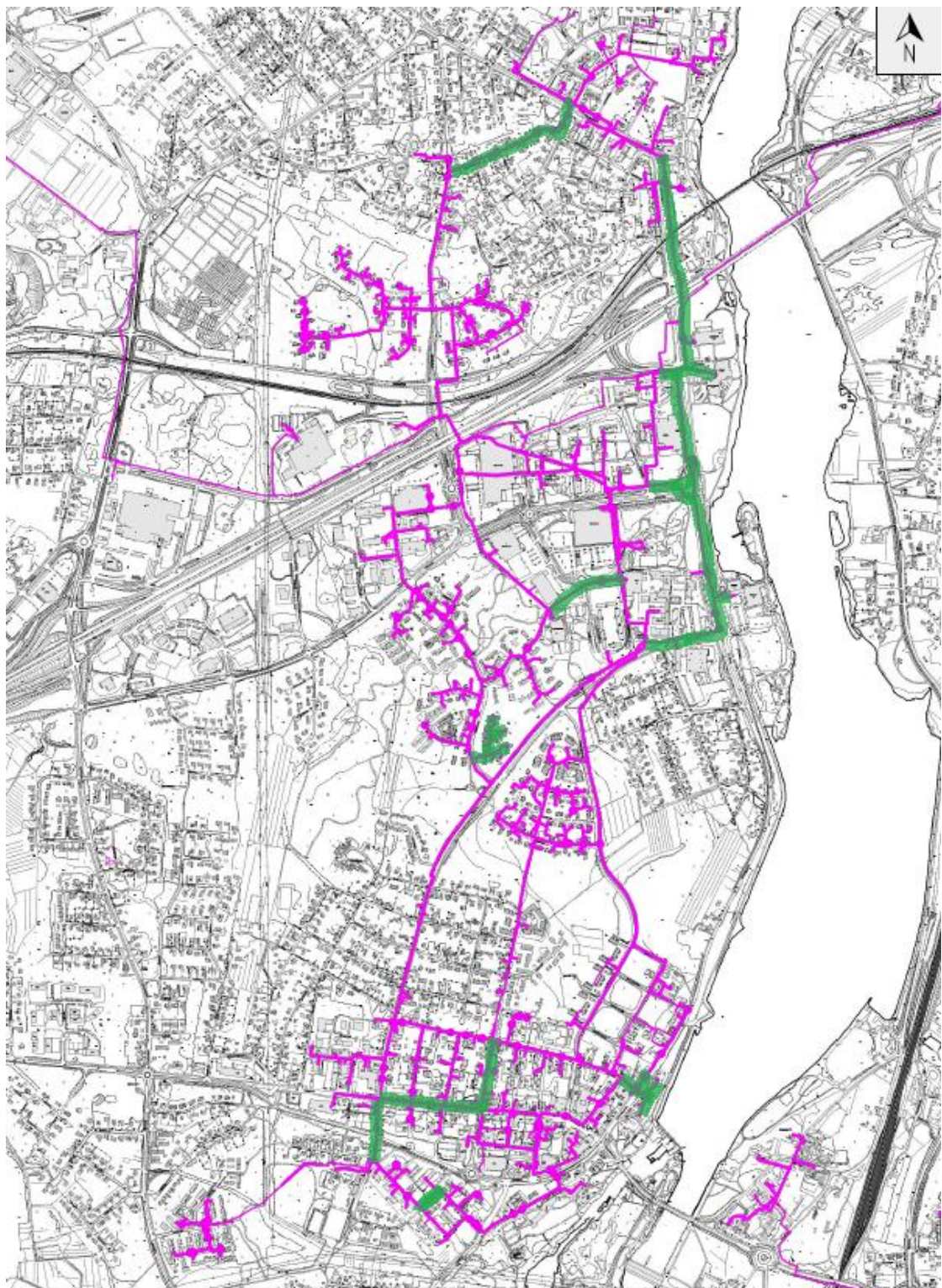
Verkostokartta, johon merkitty aiemmat verkostovuodot, sekä huonokuntoiset KL-venttiilit Imatrankoski- Mansikkala verkostossa



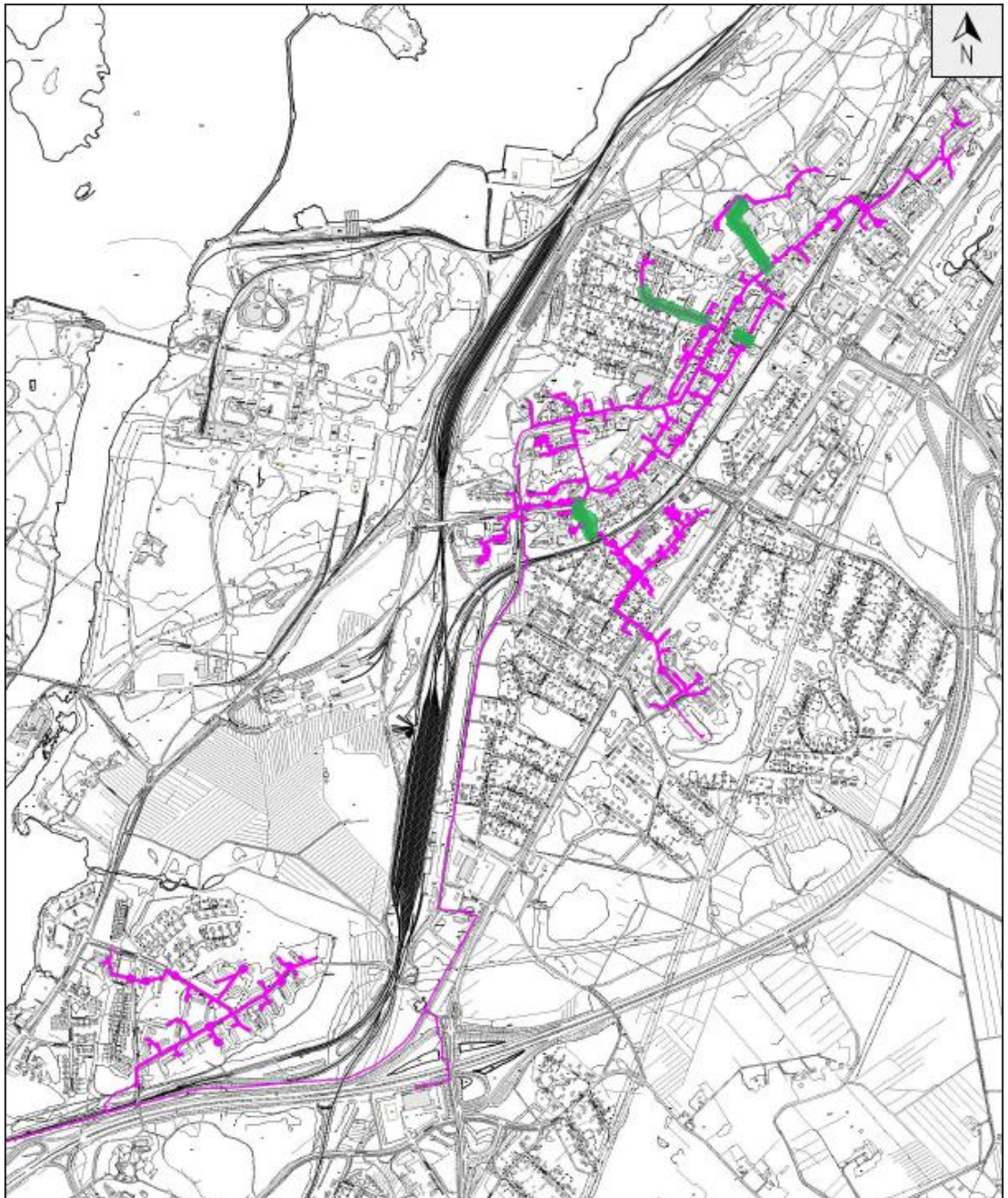
Verkostokartta, johon merkitty aiemmat verkostovuodot, sekä huonokuntoiset KL-venttiilit Vuoksenniska- Sienimäki verkostossa



Verkostokartta, johon merkitty saneeraustarpeessa olevat kanavat Imatran-
koski- Mansikkala verkostossa



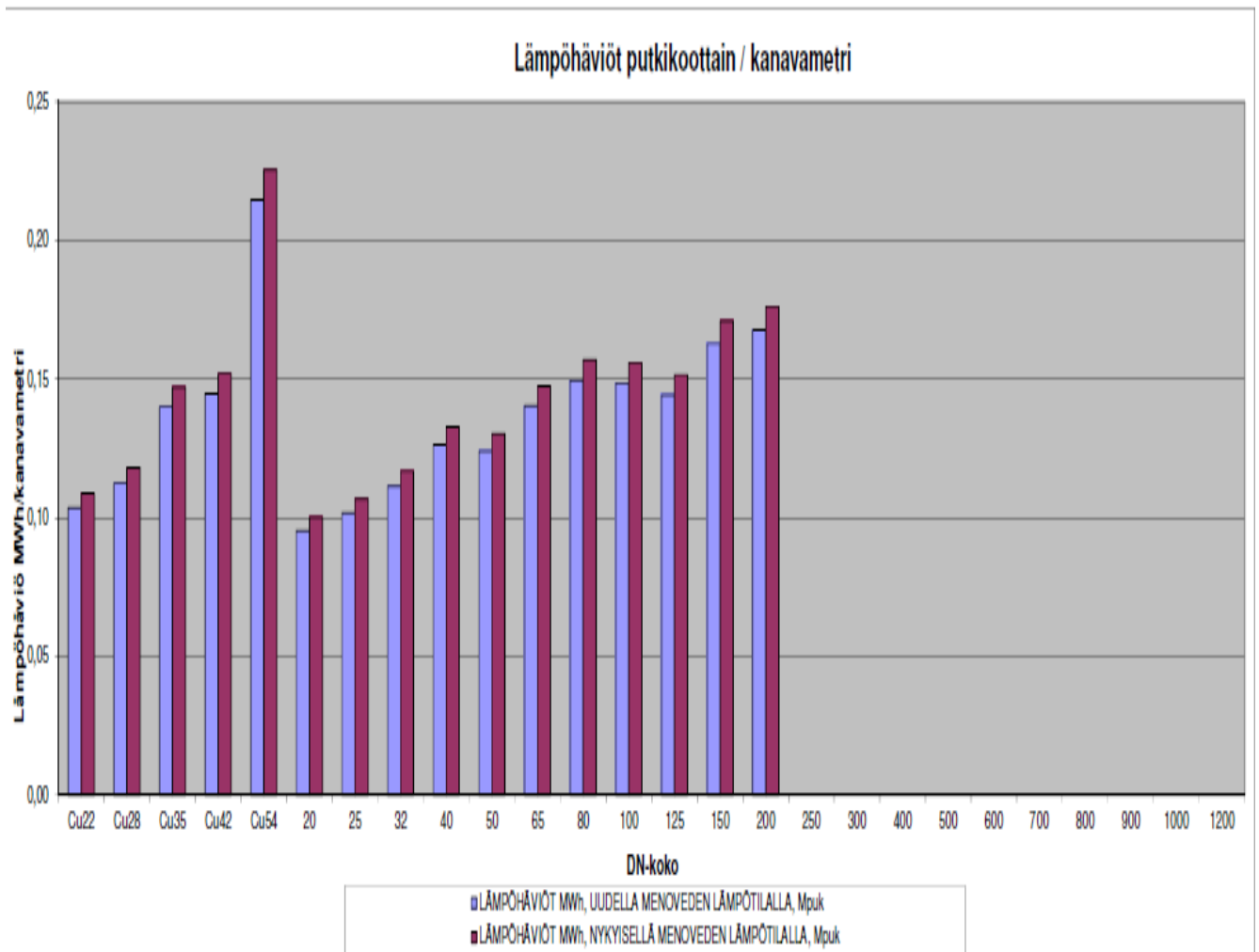
Verkostokartta, johon merkitty saneeraustarpeessa olevat kanavat Vuoksen-
niska- Sienimäki verkostossa



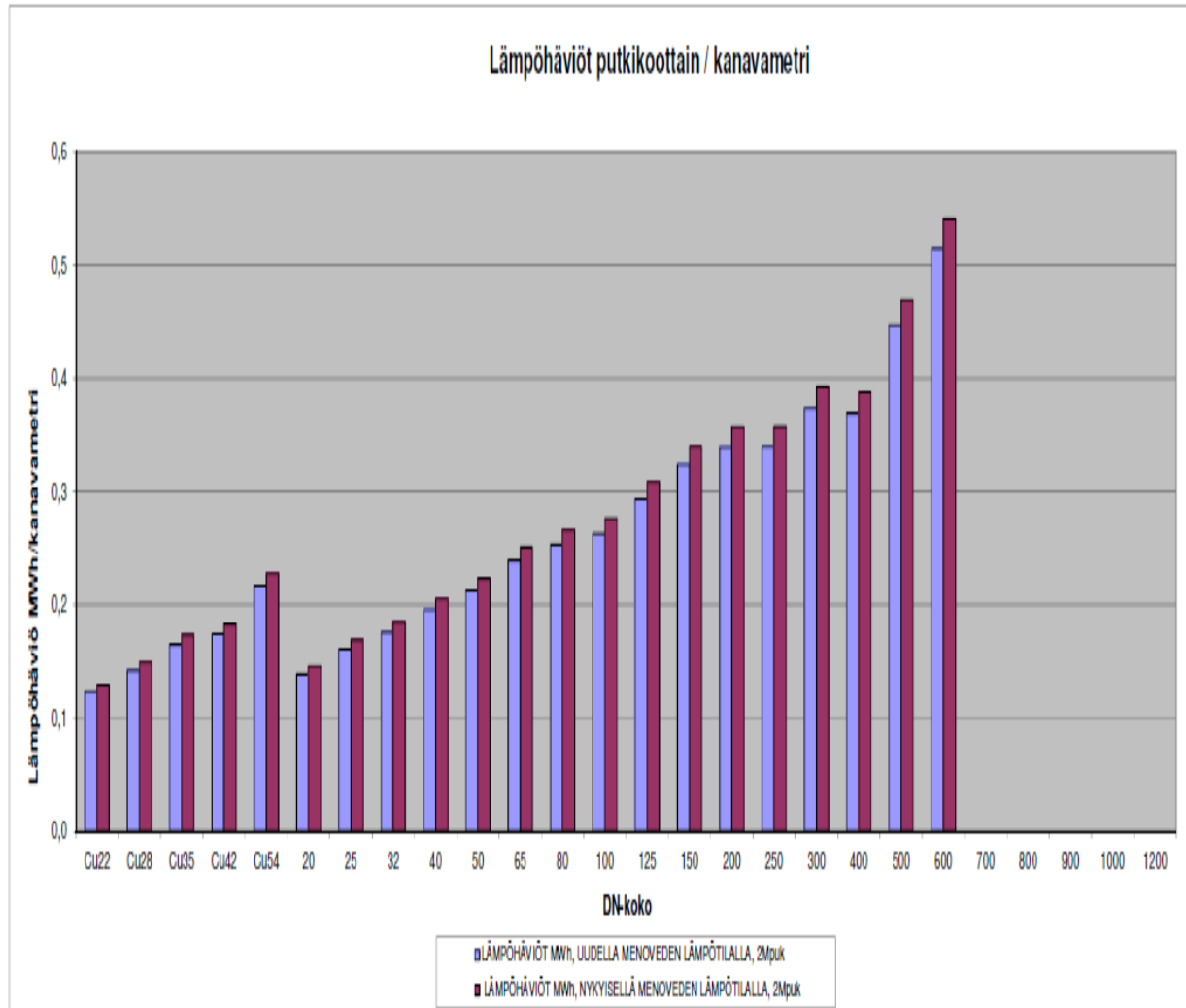
Saneerattavat verkosto-osuudet

Sijainti/ Kanava	Kauko- ko- lämpö- kana- va tyyppi	DN	Raken- nus v.	1. Ta- loudel- linen riski	2. Kes- key- tyksen kesto	3. Vaiku- tuk- sen laa- juus	4. Asiak- akkai- kai- den tär- keys	5. Riskit ihmi- sille ja ympä- ristöl- le	Priori- teetti- luku
Sarake1	Sara- ke2	Sa- ra- ke3	Sara- ke4	Sara- ke5	Sara- ke6	Sara- ke7	Sara- ke8	Sara- ke9	Sara- ke10
Esterinkatu	Epu	150	1980	3	3	4	4	2	16
Lappeentie	Epu	150	1976	4	4	4	2	2	16
Vuoksenniskantie- Peltolankatu	Mpul	125	1978	4	4	4	2	2	16
Heikinkatu- Tainionkoskentie risteys	Mpul	100	1979	3	4	2	2	3	14
koulukatu- Linna- lan pääty	Amvl	200	1965	3	4	3	2	2	14
Koulukatu- Viipurintie alitus	Emv	150	1979	3	4	1	4	1	13
Havurin- ne/koulukeskus	Mpul	150	1977	3	4	1	2	3	13
Sienimäenkatu 3- Liekokatu 2	Mpul	80	1978	3	3	2	3	2	13
Leppärinne	Mpul	100 /65	1979	3	2	3	2	2	12
Tainionkoskentie- Uimahalli	Pmv (puo- lie- lem.)	200	1968	4	4	1	1	2	12
Tainionkoskentie, Kaupungintalo- Joutsenonkadun alku	Emv	200	1981	4	2	1	2	2	11
Pasinkuja	Epu	125	1987	3	3	1	2	1	10
Sumukuja-Utukuja	Mmvl	Cu 54	1987	3	2	1	2	2	10
Peltolankatu 50- talohaara	Mpul	50	1986	2	3	1	2	1	9
Ikävalonkuja, va- rasyöttösuunnan rakennuksen yh- teydessä	Mpul	65	1984	3	1	1	2	1	8
Tuulikallionkatu- Joutsenonkatu	Epu	80	1987	1	1	1	1	2	6
Lukiolaisenpolku- Tietäjänkatu	Epu	100		1	1	1	1	1	5

Mpuk-Lämpöhäviöt



2Mpuk- Lämpöhäviöt



Kaukolämpöputkien rakennuskustannukset

2Mpuk				
Dn	rakennuskustannus, € 2014	rakennuskustannus, € 2015	rakennuskustannus, € 2016	Keskiarvo rak. Kust. €
dn20	146	165	142	151,0
dn 25	232	232	221	228,3
dn 32	0	0	0	0,0
dn 40	206	220	203	209,7
dn 50	200	220	197	205,7
dn 65	230	214	226	223,3
dn 80	208	277	271	252,0
dn100	264	295	268	275,7
dn125	256	290	303	283,0
dn150	289	280	271	280,0
dn 200	342	448	408	399,3
dn 250	427	381	432	413,3

Mpuk				
Dn	rakennuskustannus, € 2014	rakennuskustannus, € 2015	rakennuskustannus, € 2016	Keskiarvo rak. Kust. €
dn20	135	130	120	128,3
dn 25	154	144	162	153,3
dn 32	125	0	490	205,0
dn 40	130	135	134	133,0
dn 50	148	143	147	146,0
dn 65	182	149	144	158,3
dn 80	169	193	190	184,0
dn100	231	236	175	214,0
dn125	272	343	220	278,3
dn150	341	288	351	326,7
dn 200	310	260	340	303,3